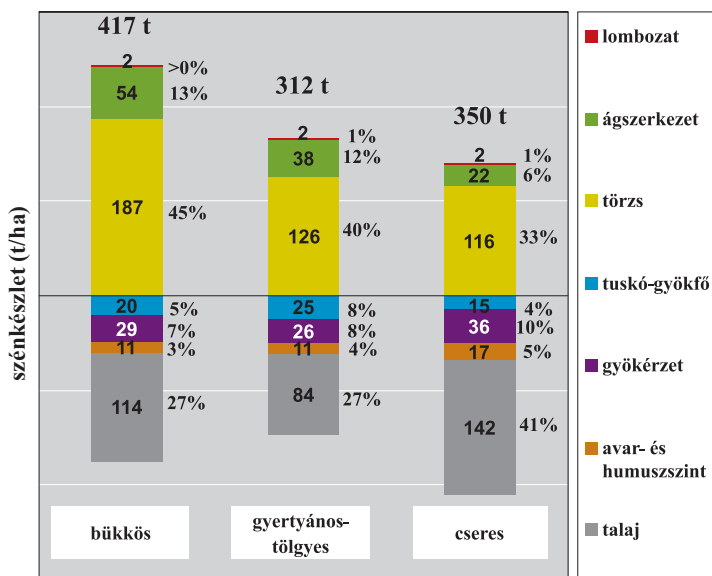


# "KLÍMA-21" Füzetek

## KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

A vizsgált faállományok szénkészlete



Forrás: Führer – Jagodics tanulmánya

### A TARTALOMBÓL

Vízgazdálkodás változása csernozjom talajon

Mészlepedékes csernozjom talajok klímaérzékenysége

A talajok klímaérzékenysége

A klímajelző faállományok szénkészlete

Szélsőségesebbé váló száraz nyarak?

Az aszály hatása kocsánytalan tölgyesekre és bükkösökre

Bükkpusztulás Zala megyében

Inszoláció-változás és az erdők vízháztartása

Biztosítások szerepe a gyümölcstetvények kárenyhítésében

Aszályos évek a Kárpát-medencében a 18–20. században

2009. 57. szám

„KLÍMA-21” FÜZETEK  
KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

“CLIMA-21” BROCHURES  
CLIMATE CHANGE – IMPACTS – RESPONSES

„KLIMA-21” HEFTE  
KLIMAÄNDERUNG – AUSWIRKUNGEN – LÖSUNGEN

«КЛИМА-21» БРОШЮРЫ  
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА – ВЛИЯНИЯ – ОТВЕТЫ

SZERKESZTŐ:

CSETE LÁSZLÓ  
c. egyetemi tanár

SZERKESZTŐSÉG:

1093 Budapest, Zsil u. 3–5.  
Tel.: 476-3295, Fax: 342-7571  
E-mail: csetel@mail.datanet.hu

KIADJA:

MTA KSZI KLÍMAVÉDELMI KUTATÁSOK KOORDINÁCIÓS IRODA

FELELŐS KIADÓ:

LÁNG ISTVÁN  
akadémikus

**ISSN 1789-428X**

Készült:

AKAPRINT KFT. BUDAPEST – Felelős vezető: Freier László

## TARTALOM

### TANULMÁNY

<i>Farkas Csilla – Hagyó Andrea – Horváth Eszter – Várallyay György: A vízgazdálkodás várható változása a prognosztizált klímaváltozás függvényében csernozjom talajon</i> .....	3
<i>Farkas Csilla – Hernádi Hilda – Makó András – Máté Ferenc: Mészlepedékes csernozjom talajok talajváltozatainak klímaérzékenysége</i> .....	15
<i>Sisák István – Máté Ferenc – Makó András – Szász Gábor – Hausner Csaba: A talajok klímaérzékenysége</i> .....	31
<i>Führer Ernő – Jagodics Anikó: A klímajelző fafajú állományok szénkészlete</i> .....	43
<i>Gálos Borbála – Lorenz Philip – Jacob Daniela: Szélsőségesebbé válnak száraz nyaraink a 21. században?</i> .....	56
<i>Csóka György – Koltay András – Hirka Anikó – Janik Gergely: Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyesek és bükkösök egészségi állapotára</i> .....	64
<i>Molnár Miklós – Lakatos Ferenc: Bükkpusztulás Zala megyében</i> .....	74
<i>Víg Péter: Az inszoláció változásainak hatása az erdők vízháztartására</i> .....	83
<i>Sütő Szilvia – Ertsey Imre: A biztosítások szerepe a gyümölcsültetvények kárenyhítésében</i> .....	91
<i>Pálfi Imre: Aszályos évek a Kárpát-medencében a 18–20. században</i> .....	107

### NEKROLÓG

<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Harnos Zsolt (1941–2009)</span> <i>Láng István</i> .....	113
Summary .....	115
Contents .....	122

# A VÍZGAZDÁLKODÁS VÁRHATÓ VÁLTOZÁSA A PROGNOSTIZÁLT KLÍMAVÁLTOZÁS FÜGGVÉNYÉBEN CSERNOZJOM TALAJON

FARKAS CSILLA – HAGYÓ ANDREA – HORVÁTH ESZTER –  
VÁRALLYAY GYÖRGY

**Kulcsszavak:** klímaváltozás, SWAP modell, talajnedvesség, talajművelési rendszerek, csernozjom.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A napjainkban jellemző földhasználati és növénytermelési rendszerek évtizedes tapasztalatok alapján alakultak, és alapvetően a klímához, valamint az arra jellemző talajnedvesség- és talajhőforgalomhoz alkalmazkodtak. A változó klimatikus körülményekhez igazodó növénytermelésben fontosak az egyes prognosztizált klímaváltozási scénáriók hatásai a talaj-növény-atmoszféra rendszer víz- és hőforgalmára. Jelen tanulmányban két lehetséges klímaváltozási scénárió hatását tanulmányoztuk egy hazai csernozjom talaj vízforgalmára. E célból szimulációs modellel becsültük a talaj nedvességforgalmát különböző talajművelési rendszerekben és elemeztük az eltérő talajművelési rendszerek és klímascenáriók együttes hatását a talaj vízforgalmára. A klímascenáriókat az éves csapadékösszeg eloszlásfüggvényével jellemeztük. A SWAP vízmérleg modellt a reprezentatív talajszelvényekben mért referencia adatokra kalibráltuk. A tanulmányban két eltérő klímascenárió lehetséges hatását vizsgáltuk a talaj nedvességforgalmára talajművelési tartamkísérletben. Modellezési eredményeinket egy, a jelenlegi klímát reprezentáló meteorológiai adatsorral elvégzett futtatás eredményeivel hasonlítottuk össze. Az évszázad végére mindkét klímascenárió a jelenleginél szárazabb, melegebb és változékonnyabb éghajlatot prognosztizál a Kárpát-medence területére. Vizsgálataink igazolták, hogy talajkímélő talajművelési rendszerek nagymértékben képesek kompenzálni az időjárási szélsőségek káros hatásait a talajból történő vízvesztesség csökkentése révén. A több szempontot is figyelembe vevő értékelés alapján megállapítottuk, hogy a kultivátoros kezelés hozta létre a legkedvezőbb talajállapotot a vizsgált termőhelyen.

Eredményeink alapján elmondható, hogy a helyi adottságokhoz igazodó, lazítással és talajtakarással kombinált talajművelési rendszerek jelentős nedvességmegőrző hatással rendelkeznek, és kiemelt szerepük lehet a növények által felvehető vízkészlet megőrzésében.

## BEVEZETÉS

Adott terület klimatikus, hidrológiai viszonyai és növényzete között szoros kapcsolat mutatható ki (Kovács – Dunkel, 1997). A fentiek alapján egyre fontosabb szerephez jutnak

a feltételezhető klímascenáriók talajvízforgalomra és növényállományok vízmérlegére gyakorolt hatásaira irányuló kutatások.

A szimulációs modellek alkalmasak eltérő tényezők és összefüggések talajvízforgalomra gyakorolt hatásának integrált matematikai

jellemzésére (Flachner *et al.*, 2004). Ebben legfontosabb bizonytalansági tényezők az éghajlati változékonyság, valamint a talaj víztározó kapacitásában és a talajtermékenységet befolyásoló talajtulajdonságokban bekövetkező változások (Sirotenko *et al.*, 1997). Számos tanulmány igazolta, hogy a kontinentális klímájú területeken a növénytermelés legfontosabb limitáló tényezői a megváltozott klímaviszonyok között a vízstressz és az aszály (Kovács – Dunkel, 1997; Farkas *et al.*, 2005). Štekauerová és munkatársai (2006) a talajhidrológiai jellemzők alapján számítható ún. hidrolimitek fontosságára hívták fel a figyelmet a változó körülmények közötti mezőgazdasági termelésben.

Magyarországon a természetes viszonyok általában kedvezőek a biomassza-előállítás-hoz, de ezek a körülmények szélsőségesen nagy tér- és időbeli változékonyságot mutatnak, valamint érzékenyen reagálnak a különböző természeti, illetve emberi tevékenység okozta stresszhatásokra (Láng *et al.*, 1983; Csete – Várallyay, 2004). Az agroökológiai potenciált alapvetően három talajtényező korlátozza: a talajdegradációs folyamatok (Szabolcs – Várallyay, 1978; Várallyay, 2000), a szélsőséges vízgazdálkodás (Várallyay, 2004), valamint – elsősorban a növényi tápelemek és környezetszennyező elemeket érintő – biogeokémiai körforgások kedvezőtlen változásai (Láng *et al.*, 1983).

A Kárpát-medencére kidolgozott klímaváltozási scenáriók alapján nagy valószínűséggel elmondható, hogy a jövőben Magyarországon a víz lesz az élelmiszer-ellátás és a környezeti biztonság meghatározó tényezője. A kockázatok csökkentése és a termékbiztonság növelése elsődleges fontosságú feladatok, melyek három fő elemet tartalmaznak: a víz talajba szivárgásának elősegítését, a talaj vízraktározó képességének növelését a növények számára hozzáférhető tartományban és a felesleges víz elvezetését a talajból és a területről (függőleges és vízszintes vízelvezetés). Ezzel összefüggésben kiemelten fontos

a különböző talajművelési rendszerek (Kroulik *et al.*, 2007) és klímascenáriók együttes hatásának vizsgálata a talaj hidrofizikai tulajdonságaira és vízforgalmára.

Jelen munka célja két új klímaváltozási scenárió hatásának számszerű értékelése egy hazai csernozjom talaj vízmérlegére és nedvességdinamikájára, eltérő talajművelési rendszerekben.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatainkat a *Szent István Egyetem* 2002-ben létrehozott talajművelési tartamkísérleteiben végeztük (Birkás – Gyuricza, 2004a). A *Józsefmajori Kísérleti Terület* (tsz. f.m. 110 m, N47°40', E19°40') Hatvan közelében található. Az évi átlaghőmérséklet 7,9 °C, az éves csapadékösszeg átlagosan 580 mm, melyből 323 mm a vegetációs időszak alatt hullik a területre. A területet löszön kialakult mészszelepedékes csernozjom talaj borítja, mely közepesen érzékeny a talajtömörödéssre. A talaj pH-ja gyengén savas (pH H<sub>2</sub>O: 6,38 és pH KCl: 5,43). A felső 20 cm-es talajréteg homok-, vályog- és agyagtartalma 23%, 42% és 35%. A 0-20 cm és a 20-40 cm-es réteg szervesanyag-tartalma 3,2% és 2,5%; a teljes N-, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- és K<sub>2</sub>O-tartalma 0,13 és 0,082%; 270 és 214 ppm, és 110 és 85 ppm. A kísérlet egytényezős sávos elrendezésű, melyet 13 m × 150 m-es kísérleti parcellákon állítottak be, 4 ismétlésben. A vizsgált talajművelési rendszerek és a művelési mélység az alábbiak: szántás (SZ, 26-30 cm); tárcsázás (T, 16-20 cm); mélylazítással kombinált tárcsázás (LT, L: 40-45 cm, T: 16-20 cm), két kultivátoros kezelés (K1, 12-16 cm és K2, 16-20 cm) és direktvetés (DV) (Birkás – Gyuricza, 2004b). Jelen tanulmányban vizsgálatainkat a DV, az SZ és a K2 kezelésekre terjesztettük ki. A növényi sorrend 2001 és 2003 között kukorica, búza és kukorica voltak, melyeket köztes növényekkel (mustár, rozs és borsó) egészítették ki.

### Talajmintavétel, laboratóriumi vizsgálatok és terepi monitoring

Bolygatott és 100 cm<sup>3</sup> térfogatú bolygatatlan talajmintákat szedtünk mindegyik talajművelési rendszerből 3-3 ismétlésben 2003 áprilisában. A mintákat a 0-5, 5-10, 15-20 és 45-50 cm-es talajrétegekből vettük, ezáltal jellemezzük a felszíni réteget, a művelt réteget, a művelési talpat és a nem művelt réteget. A víztartó görbe jellemző értékeinek (a 0,01 m, 0,025 m, 0,1 m, 0,3 m, 1 m, 2 m, 5 m, 25 m és 150 m magas vízoszlop nyomásának megfelelő szívóerő ellenében a talajban visszatartott vízmennyiségnek) meghatározása az *MTA TAKI* talajfizikai laboratóriumában történt a *Várallyay-féle* módszerrel (*Várallyay, 1973*). A talaj nedvességtartalmát szárítószekrényes módszerrel határoztuk meg, a mintákat 105 °C-on tömegállandóságig szárítva. A térfogattomeget a bolygatatlan minták térfogatából és a száraz talajtömegből (105 °C, 48 h)

számítottuk. A mechanikai összetételt pipettás módszerrel határoztuk meg. A talajmátrix telített vízvezető képességét a *Wösten és mtsai (1995)* által javasolt módszerrel becsültük (*Tóth et al., 2006*). A három talajművelési rendszerre meghatározott talajjellemzőket az 1. táblázatban mutatjuk be.

A mintaterületen valamennyi talajművelési rendszerben folyamatos talajnedvesség-tartalom- és talajhőmérséklet-méréseket végeztünk 3T-System típusú, kapacitív nedvességmérő szondákkal (*Szőllősi, 2003*), melyeket 80 cm mélységig telepítettünk a talajba. A szondák naponta négy alkalommal, 10 cm-es felbontásban mérték és tárolták el a talaj hőmérsékletét és nedvességtartalmát 2003. május 13. és szeptember 11. között. Az elemzésekhez a napi átlagértékeket használtuk. A legfontosabb növényjellemzőket (vetés és aratás időpontja, gyökérmélység, növényzet magassága) monitoroztuk a vegetációs időszak alatt.

1. táblázat

A talajművelési tartamkísérletben meghatározott talajtulajdonságok  
(Józsefmajor, 2002-2003)

	Talajművelési rendszer					
	DV		SZ		K2	
	Talajréteg (m)					
Talajtulajdonság	0,15-0,20	0,45-0,50	0,15-0,20	0,45-0,50	0,15-0,20	0,45-0,50
Tt (g cm <sup>-3</sup> )	1,54	1,41	1,22	1,45	1,23	1,37
HUM (%)	3,40	2,53	3,42	2,53	3,45	2,53
Homok (%)	23,0	20,0	23,0	20,0	23,0	20,0
Vályog (%)	42,0	43,4	42,0	43,4	42,0	43,4
Agyag (%)	35,0	36,6	35,0	36,6	35,0	36,6
Ks (cm nap <sup>-1</sup> )	1,70	3,07	3,10	2,85	3,51	3,35
TVT (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,44	0,42	0,52	0,37	0,49	0,44
SZVK (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,38	0,35	0,33	0,35	0,36	0,36
HVP (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,20	0,20	0,16	0,17	0,17	0,18

DV – direktvetés; SZ – szántás; K2 – kultivátoros kezelés; Tt – térfogattömeg; HUM – humusztartalom; Ks – telítettségi vízvezető képesség; TVT – telítettségi víztartalom; SZVK – szabadföldi vízkapacitás; HVP – hervadáspont

### A SWAP modell adaptációja a mintaterületre

A SWAP modell (*van Dam, 2000*) a telítetlen zónában történő vízmozgást szimulálja a növényi növekedéssel összefüggésben a teljes vegetációs időszakra. A modell bemenő adatai között szerepelnek meteorológiai, növényi és talajadatok, továbbá kezdeti és határfeltételek. A talajhidrológiai függvényeket a *van Genuchten és Mualem* analitikus összefüggések paramétereivel adják meg a modellben (*van Genuchten, 1980*). A talajhidrológiai függvények paramétereit a RETC (*van Genuchten, 1980*) programmal számítottuk a mért víztartóképeség-értékek és a telítettségi vízvezető képesség alapján. A talaj hidrofizikai adataira illesztett talajhidrológiai függvények paramétereit a 2. táblázat tartalmazza. A SWAP szimulációs modell paraméterezését a kísérleti területről gyűjtött talaj- és növényi adatok felhasználásával végeztük el (*Farkas, 2007*). A növényi növekedést – kukoricára – a modell egyszerűsített növényi alprogramjával szimuláltuk. A meteorológiai bemenő adatok az *Országos Meteorológiai Szolgálat* hatvani meteorológiai állomásán mért léghőmérséklet-, szél-

sebesség-, besugárzás-, légpáratartalom- és csapadékadatok voltak. Ez utóbbiakat a közvetlenül a kísérletben mért csapadékadatokkal korrigáltuk. A kezdeti feltételeket a május elején mért talajnedvességtartalom-értékek szerint állítottuk be. A felső határfeltételt a modell számítja a bevitt meteorológiai adatok alapján. Tekintettel arra, hogy a talajvízszint nagyon mélyen van, alsó határfeltételenként szabad mélybeszivárgást állítottunk be.

A modell adaptációjához a monitoring-hálózat segítségével mért talajnedvességtartalom-értékeket használtuk referenciaként. A modell kalibrációja során a modellparamétereket a mért és a szimulált talajnedvességtartalom-értékek közötti különbség minimalizálásával állítottuk be.

### A klímascenáriók

Munkánkban két klímaváltozási szcenárió hatását értékeltük a talaj vízforgalmára a jelenlegi klimatikus viszonyok tükrében. Az alkalmazott IPCC SRES A2 és B2 szcenáriók a 2071-2100-ig, a jelenlegi klímát reprezentáló meteorológiai adatsor az 1961-1990-ig terjedő időszakra vonatkozik. Az A2 szcenárió-család (*Nakicenovic –*

2. táblázat

A józsefmajori kísérlet talajművelési rendszereiben mért talajhidrológiai függvényekre illesztett van Genuchten–Mualem függvények paramétereit

		van Genuchten–Mualem paraméterek				
Talajréteg cm	Kezelés	$\Theta_{\text{SAT}}$ $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$	$\Theta_{\text{RES}}$ $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$	alpha $\text{cm}^{-1}$	n $\text{g cm}^{-3}$	K $\text{cm nap}^{-1}$
15-20	DV	0,418	0,001	0,0072	1,1472	1,70
	SZ	0,583	0,001	0,0738	1,0843	3,10
	K2	0,493	0,001	0,3791	1,0992	2,59
40-45	DV	0,415	0,001	0,0738	1,0843	3,07
	SZ	0,393	0,001	0,0148	1,1009	2,85
	K2	0,466	0,001	0,3757	1,0805	2,85

DV – direktvetés; SZ – szántás; K2 – kultivátoros kezelés;  $\Theta_{\text{SAT}}$  – telítettségi víztartalom;  $\Theta_{\text{RES}}$  – reziduális víztartalom; alpha, n – a van Genuchten analitikai függvény illesztési paramétereit – talajspecifikus paraméterek; K – telítettségi vízvezető képesség

Swart, 2000; IPCC, 2007) által képviselt jövőkép nagyon heterogén világot ír le, melynek alapja az önbizalom és a helyi identitás megőrzése. A termékenység mintázatok régiókon át nagyon lassan konvergálnak, ami nagy populációnövekedést okoz. A gazdasági fejlődés elsősorban regionálisan irányított, így az egy főre jutó gazdasági növekedés és a technológiai változások elszigeteltebbek és lassabbak, mint a többi szcenárió által elképzelt jövőképben. A B2 szcenárió-család jövőképe egy olyan világot ír le, ahol a gazdasági, szociális és környezeti fenntarthatósággal kapcsolatban a helyi megoldásokra helyezik a hangsúlyt. Emellett közepes a populációnövekedés és a gazdasági fejlődés. A technológiai változások kevésbé gyorsak és változatosabbak, mint az A1-es szcenáriókban (Nakicenovic – Swart, 2000; IPCC, 2007). Ez a szcenárió szintén a környezetvédelemre és a szociális méltányosságra irányul, viszont a helyi és regionális léptékekre koncentrál.

A klímaszcenáriókat jellemző napi felbontású meteorológiai adatsorokat a Hadley Centre által használt globális klímamoddellel állították elő. Az adatok területi leskalázása az ELTE TTK Meteorológiai Tanszékén történt (Bartholy et al., 2007). A SWAP modell bemenő adatait a mintaterületre legközelebb eső nagyvárosra (Miskolc) vonatkozó leskalázott adatokból (minimum, maximum és éves átlag léghőmérséklet, csapadék) hoztuk létre. A referencia időszakra és a klímaszcenáriókra elvégzett modellfuttatások során a meteorológiai tényezők variabilitását idősoronként 3-3 kiválasztott évvel jellemeztük. Ezeket a referencia éveket az éves csapadékösszeg kumulatív eloszlásfüggvényének jellegzetes pontjai (minimum, maximum, 50%) alapján választottuk ki. A kiválasztott évekre hatásvizsgálatot végeztünk a SWAP modell futtatásával a referencia évekre és a két klímaszcenárióra az előzetesen kalibrált modellparaméterek felhasználásával, melyeket a futtatások során nem változtattunk.

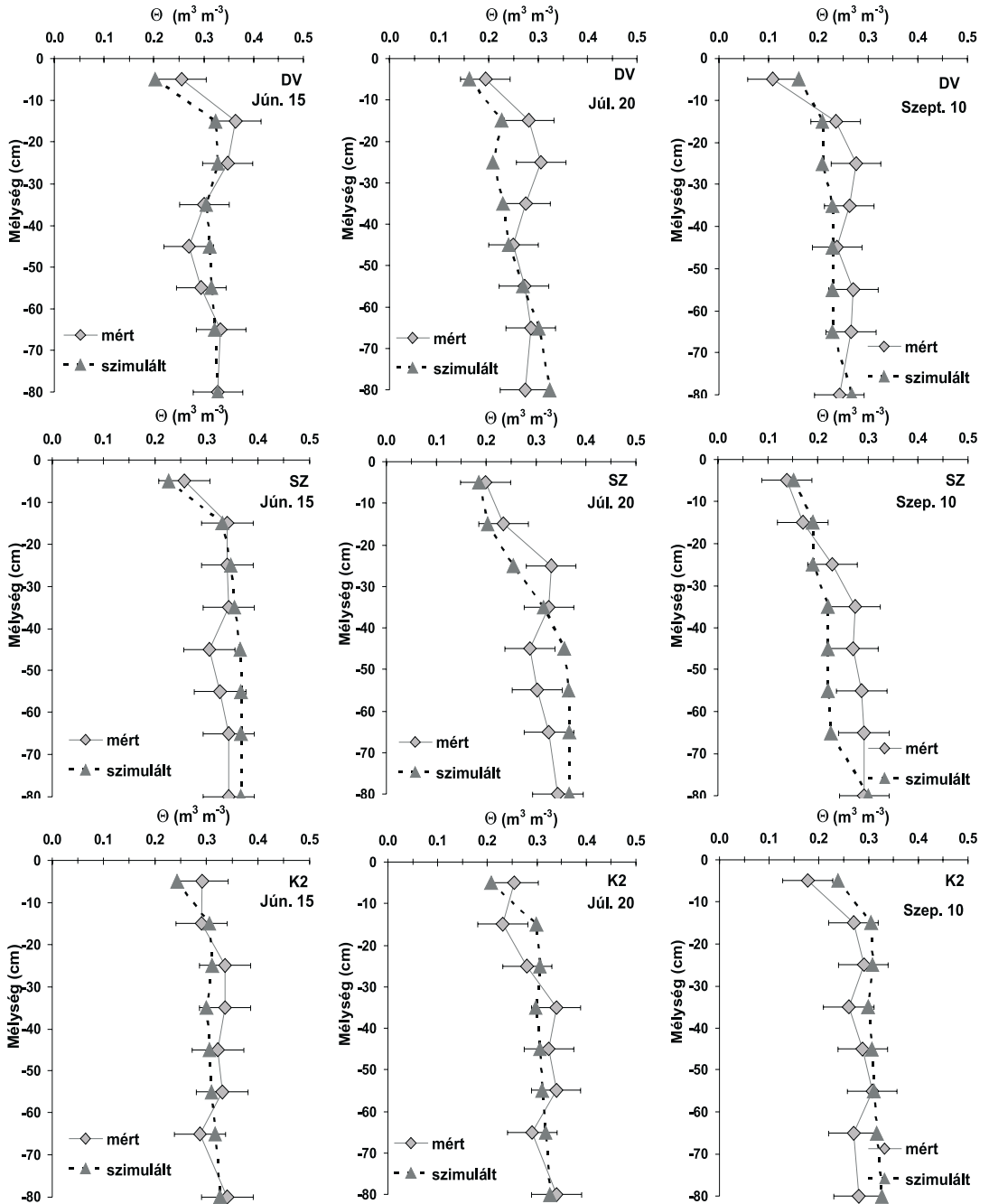
## AZ EREDMÉNYEK

A hatvani tartamkísérletben elvégzett korábbi vizsgálataink során statisztikailag kimutatható különbségeket találtunk az eltérő talajművelési rendszerek talajfizikai tulajdonságai között, valamint igazoltuk a talajhidrológiai függvények szezonális változékonyságát is (Farkas, 2004, 2007). Ezért a SWAP modell kalibrációját a talajhidrológiai függvények szezonális dinamikájának figyelembevételével végeztük el (Farkas, 2004; Farkas – Majercak, 2007). A három eltérő kezelésben, négy kiválasztott időpontban mért és szimulált talajnedvesség-profilokat az 1. ábrán mutatjuk be. Megfigyelhető, hogy az eltérő talajművelési rendszerekben mért talajnedvesség-profilok alakja a művelt talajrétegben szignifikánsan különbözik. Ennek oka feltételezhetően az, hogy a feltalaj eltérő szerkezete következtében jelentős különbségek alakulnak ki a párolgási és beszivárgási viszonyok között. A talajnedvesség-tartalom ( $\Theta$ ,  $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) és a 0-80 cm-es réteg összes vízkészlete (TSW, mm) szimulált értékeinek standard hibáit (SD) a 3. táblázatban tüntettük fel. A legjobb illesztést a legkisebb talajbolygatással járó direktvetéses kezelésre (DV) kaptuk. Összességében megállapítható, hogy a mért és a szimulált értékek jó egyezést mutattak, ami arra enged következtetni, hogy a talajvízmérleg-elemeket (párolgás, evapotranszpiráció, növényi vízfogyasztás, mélyebb rétegekbe történő elszívargás stb.) megfelelő pontossággal tudtuk becsülni a talaj felső 80 cm-es rétegére. Az egyes talajrétegek közötti vízeloszlás számítása azonban nem volt mindig pontos a teljes szimulációs periódus alatt. Ez arra enged következtetni, hogy a talajszelvény mélység szerinti felbontását tovább kell finomítani és lehetőség szerint minél pontosabban össze kell hangolni az egyes kezelések művelési mélységével.

A referencia időszak és a két klímaszcenárió éves csapadékösszegeinek ( $\Sigma P$ ) és átlaghőmérsékletének ( $T$ ) eloszlásfüggvénye alapján kiválasztott, a jellemző gyakoriságú



1. ábra



DV – direktvetés; SZ – szántás; K2 – kultivátoros kezelés;  $\Theta$  (m³ m⁻³) – talajnedvesség-tartalom

**A mért és szimulált talajnedvesség-profilok három eltérő talajművelési rendszerben, három kiválasztott időpontban (Hatvan, 2003)**

3. táblázat

**A talajnedvesség-tartalom és a talajban tárolt összes vízkészlet mért és szimulált értékei, valamint négyzetes hibája**

Kezelés	Talajréteg cm	$\Theta_{SIM}$ $m^3 m^{-3}$	$\Theta_M$ $m^3 m^{-3}$	SE $m^3 m^{-3}$	$TSW_{SIM}$ mm	$TSW_M$ mm	SE mm
DV	0-80				210,88	219,19	12,82
	0-20	0,227	0,244	0,035			
	20-50	0,261	0,281	0,035			
	50-80	0,292	0,286	0,017			
SZ	0-80				227,21	206,49	14,45
	0-20	0,224	0,233	0,046			
	20-50	0,281	0,253	0,040			
	50-80	0,325	0,314	0,120			
K2	0-80				206,50	212,28	13,13
	0-20	0,229	0,195	0,051			
	20-50	0,277	0,249	0,040			
	50-80	0,301	0,300	0,013			

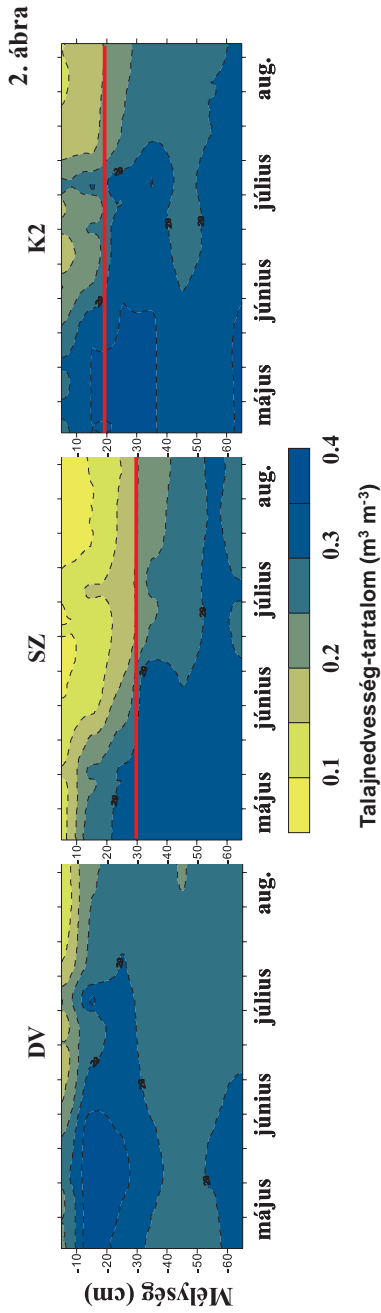
$\Theta_{SIM}$  – a szimulált talajnedvességtartalom-értékek átlaga;  $\Theta_M$  – a mért talajnedvességtartalom-értékek átlaga; SE – a szimulált értékek standard hibája;  $TSW_{SIM}$  – a talaj felső 80 cm-es rétegében tárolt összes vízkészlet szimulált értékeinek átlaga;  $TSW_M$  – a talaj felső 80 cm-es rétegében tárolt összes vízkészlet mért értékeinek átlaga; DV – direktvetés; SZ – szántás; K2 – kultivátoros kezelés

4. táblázat

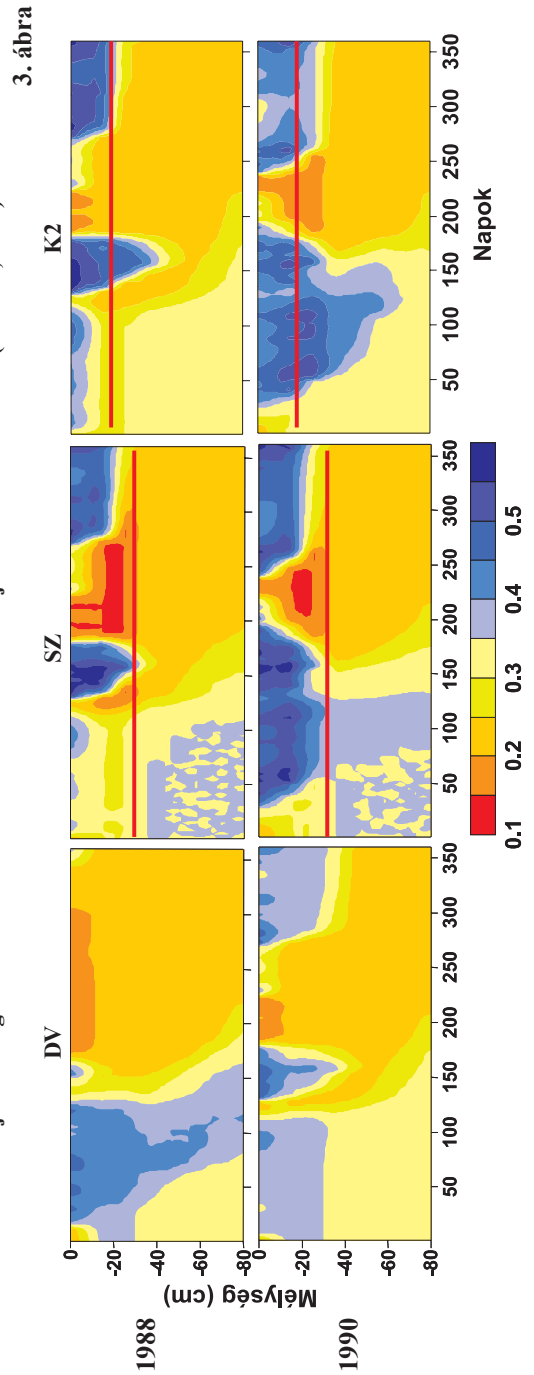
**Az átlaghőmérséklet (T) és csapadékösszeg (SP) átlagértékei, variációs koefficiensei (CV) és a modellfuttatások során használt referencia értékei a 30 éves adatsorok statisztikai elemzése alapján**

	Referencia időszak		Klímaszenáriók			
	REF (1961–1990)		A2 (2071–2100)		B2 (2071–2100)	
	T (°C)	ΣP (mm)	T (°C)	ΣP (mm)	T (°C)	ΣP (mm)
A 30 éves adatsorok statisztikai jellemzői						
Átlag	11,8	466,1	16,8	396,5	15,7	395,8
CV (%)	0,4	21,2	0,4	21,1	0,4	29,9
A szenáriók összehasonlítása során használt referencia évek jellemzői (3. és 4. ábra)						
RF ≈ 0,0	13,3	233	17,4	183	13,6	183
RF ≈ 0,5	12,6	483	17,5	376	15,7	390
RF ≈ 1,0	9,7	584	14,5	520	13,3	597
Az eltérő kezelések összehasonlítása során használt referencia évek jellemzői (2. ábra)						
RF ≈ 0,10 (1988)	9,2	239				
RF ≈ 0,55 (1990)	10,9	488				
RF ≈ 1,00 (1961)	11,8	584				

T – éves átlaghőmérséklet; ΣP – éves csapadékösszeg; CV – variációs koefficiens; RF – a T és a ΣP eloszlásfüggvényéről leolvasott relatív gyakoriság (RF)



A talajnedvesség-tartalom mért értékei három eltérő talajművelési rendszerben (Hatvan, 2003)



A referencia időszak (REF) egy száraz (1988) és egy csapadékos (1990) évre szimulált talajnedvesség-dinamika három eltérő talajművelési rendszerben

(RF = 0,0; 0,5 és 1,0) csapadékösszegeknek és átlaghőmérsékleteknek megfelelő referencia évek meteorológiai jellemzőit a 4. táblázat szemlélteti. Látható, hogy az A2 és B2 szcenárió között a  $\Sigma P$  tekintetében nem volt számottevő eltérés. Az évszázad végére mindkét szcenárió a klíma szárazodását prognosztizálja a vizsgált termőhelyre, és éves szinten átlagosan 70 mm csapadékkieséssel számol. Az A2, illetve B2 szcenárió forgatókönyve szerint az évi átlaghőmérséklet 5, illetve 4 °C-kal fog megnőni.

Azonban míg az A2 szcenárió alapján a  $\Sigma P$  és a T eloszlásfüggvényei egyszerűen eltolódnak az x tengely mentén a melegebb és szárazabb klíma irányába, addig a B2 szcenárió az extrém időjárási helyzetek gyakoriságának jelentős növekedésével számol.

A jelenlegi klímaviszonyokat jellemző referencia időszak egy száraz (1988) és egy nedves (1990) éveire a DV, SZ és K2 kezelésekre szimulált talajnedvesség-dinamikát a 2. ábra szemlélteti. Jelentős különbségek figyelhetők meg az eltérő talajművelési rendszerek talajnedvesség-forgalmai között, melyek a különböző művelési rendszereknek a talaj szerkezetére és a talajhidrológiai függvényeire gyakorolt hatásának különbségeit tükrözik. A mintaterületen kiépített talajnedvesség-tartalom monitoring-rendszer kapacitív szondái által a vizsgált kezelésekből regisztrált talajnedvesség-dinamikák hasonló eltéréseket mutatnak az egyes kezelések között (3. ábra). A fentiek alapján elmondható, hogy mérési eredmények alátámasztották a modellfuttatások eredményeinek hitelességét. A talajnedvesség-profilok a vegetációs időszak alatt viszonylag szárazabb állapotokat mutató direktvetéssel kezelésben voltak a legkiegyenlítettebbek. A szántásos kezelésben jól megfigyelhető volt az eketalp hatása. Látható, hogy ez a vékony tömődött talajréteg gátolta a víz beszívódását a mélyebb talajrétegekbe és megnövelte a párolgási veszteségeket, szélsőségesen száraz körülményeket teremtve a nyári időszakban. A kultivátoros kezelésben a csapadékvíz szabadon be tudott szivárogni a művelés alatti talajrétegekbe a

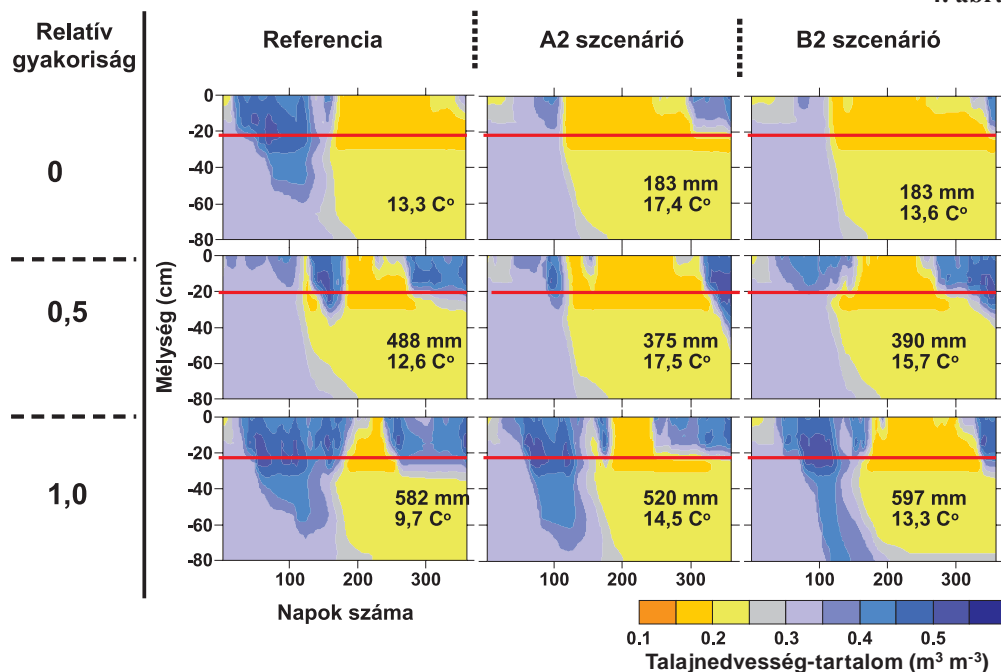
vegetációs időszak elején, értékes víztartalékok képezve ezáltal a szárazabb időszakokra.

A referencia időszak egy-egy száraz, illetve csapadékos éveire szimulált talajnedvesség-dinamikák jelentős variabilitást mutatnak mind a talajnedvesség-értékekben, mind pedig a szélsőségesen száraz periódusok hosszában (3. ábra).

A K2 kezelésben az A2 és a B2 szcenáriók, valamint a referencia időszak reprezentatív éveire szimulált talajnedvesség-dinamikákat a 4. ábra szemlélteti. Jelentős eltérések figyelhetők meg a különböző szcenáriók eltérő relatív gyakoriságú éveire becsült talajnedvesség-értékek között. Eredményeink arra engednek következtetni, hogy az évszázad végére a jelenlegieknél hosszabb és nagyobb vízhiánnyal járó aszályok kialakulására kell számítani. Megfigyelhető, hogy az A2 és B2 klímaszcenáriók átlagos (RF = 0,5) éveiben a csapadékvíz nem tudott beszivárogni a felső 20 cm-es réteg alá, ezért az altalaj száraz maradt. Ez ismételt felhívja a figyelmet az olyan talajkímélő és nedveségmegőrző talajművelési rendszerekre, melyek megkönnyítik a víz elraktározódását az aszályos időszakokra az őszi és téli csapadék mélyebb rétegekbe történő beszivárgásának elősegítése és a párolgási veszteségek csökkentése révén.

A szélsőségesen nedves évekre (RF  $\approx$  1) becsült talajnedvesség-dinamikák tanulmányozása során (4. ábra alsó három képe) megállapítottuk, hogy az egyenetlen csapadékeloszlás és a magas léghőmérséklet kedvezőtlen hatásait sem az összességében nagyobb csapadék mennyisége, sem pedig a nedveségmegőrző talajművelési eljárások alkalmazása nem tudta kompenzálni. Így például annak ellenére, hogy a referencia időszakban (REF) az 1-es értékhez közeli relatív gyakoriságú év csapadékösszege (583 mm) kisebb volt, mint a B2 szcenárió esetében (597 mm), az erre a két évre szimulált talajnedvesség-dinamika merőben eltérő képet mutatott. Az aszályos időszak lényegesen hosszabb a B2 szcenárió esetében, mint a referencia időszakban. Ennek oka az, hogy a B2 szcenárió szélsősé-

4. ábra



Magyarázat: Az ábrákon az éves átlaghőmérsékletet (T) és csapadékösszeget (ΣP) tüntettük fel; a művelés maximális mélységét piros vonallal jelöltük

**Az A2 és a B2 Szenáriók és a referencia időszak (REF) három különböző relatív gyakoriságú (RF) csapadékösszegettel (ΣP) jellemezhető évről évre szimulált talajnedvesség-dinamika a kultivátoros kezelés (K2) esetében**

séges csapadékeloszlása következtében nagy mennyiségű és intenzitású csapadék érkezik a talajfelszínre a tavaszi időszakban, azonban a megnövekedett felszíni elfolyás miatt ennek csak kisebb hányada raktározódik el a talajban. A nyári időszak ugyanakkor szélsőségesen száraz, emiatt a talajba nem érkezik csapadék-utánpótlás.

Mindhárom Szenárió esetében a direktvetéses kezelésben volt a legkiegyenlítettebb a talajnedvesség-forgalom (5. táblázat). A csapadék akadálytalanul be tudott szivárogni a talaj mélyebb rétegeibe is, ezáltal kiegyenlítettebb nedvességeloszlás jött létre átlagosan valamivel kisebb talajnedvesség-értékekkel, mint az SZ és a K2 kezelésben. A száraz időszakokban a direktvetésben a talaj nem szá-

radt ki annyira, mint a szántásos és kultivátoros kezeléseknél, azonban ez nem feltétlenül jelenti azt, hogy a növények számára mindig a DV biztosította a legkedvezőbb nedvesség-állapotokat. A direktvetésben ugyanis magasabb volt a hervadáspont (HVP) értéke ( $0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), mint a szántásos, illetve kultivátoros kezeléseknél (1. táblázat), ami arra enged következtetni, hogy a direktvetés talaja azért maradt viszonylag nedves a száraz időszakokban, mert itt a növényzet kevesebb vizet tudott felvenni, mint a szántásos és kultivátoros kezeléseknél. A fentiek alapján valószínűsíthető, hogy a növényzet vízfogyasztása az SZ és K2 kezeléseknél hatékonyabb volt. A szántásos kezelésre becsült talajnedvesség-dinamikák azonban jól tükrözik az eke-

5. táblázat

**Az eltérő talajművelési rendszerekben az A2 Szenárió felhasználásával szimulált talajnedvesség-tartalom ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) értékek minimum, maximum és átlagértékei**

	Talajréteg								
	0,0–0,2 m			0,2–0,4 m			0,4–0,8 m		
	Talajművelési rendszer								
	DV	SZ	K2	DV	SZ	K2	DV	SZ	K2
	RF 0,0      ΣP=183 mm								
Min.	0,19	0,15	0,16	0,24	0,20	0,23	0,24	0,20	0,23
Max.	0,44	0,50	0,48	0,34	0,31	0,35	0,34	0,35	0,34
Átlag	0,26	0,27	0,27	0,27	0,23	0,26	0,28	0,28	0,27
	RF 0,5      ΣP=375 mm								
Min.	0,18	0,15	0,17	0,24	0,20	0,22	0,24	0,20	0,22
Max.	0,44	0,52	0,49	0,45	0,38	0,45	0,38	0,32	0,33
Átlag	0,28	0,27	0,27	0,29	0,24	0,26	0,28	0,24	0,26
	RF 1,0      ΣP=520 mm								
Min.	0,18	0,15	0,16	0,24	0,21	0,23	0,24	0,20	0,23
Max.	0,44	0,52	0,49	0,44	0,41	0,42	0,42	0,37	0,42
Átlag	0,32	0,32	0,33	0,30	0,26	0,29	0,30	0,28	0,30

DV – direktvetés; SZ – szántás; K2 – kultivátoros kezelés;  $\Sigma P$  – éves csapadékösszeg; RF – a  $\Sigma P$  eloszlásfüggvényéről leolvasott relatív gyakoriság (RF)

talp kedvezőtlen hatásait. Ez a vékony, tömör réteg megakadályozta a víz beszívargását a 20 cm alatti talajrétegekbe, ezáltal szélsőségesen nedves, illetve száraz talajállapotokat teremtve a csapadékos, illetve aszályos időszakokban. A csapadékvíz felsőbb talajrétegekben történő időszakos pangása feltételezhetően megnövelte a párolgási veszteségeket a szántásos kezelésben.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatásokat az OTKA (62436 és 048302), a MEH-MTA VI. 11. sz. kutatási projektje és az Oktatási Minisztérium (NKFP6-00079/2005) támogatta. A klímaváltozási Szenáriókra vonatkozó adatok az EU által létrehozott PRUDENCE Európai Unió EVK2-CT2001-00132 számú projekt adatbázisából származtak.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – GELYBÓ GY. (2007): Regional climate change expected in Hungary for 2071-2100. Submitted to Applied Ecology and Environmental Research. (manuscript) (2) BIRKÁS M. – GYURICZA CS. (2004a): Tillage–Climate change–Technology. Szent István Egyetem, MKK Földműveléstani Tanszék, Gödöllő. 177 p. (3) BIRKÁS M. – GYURICZA CS. (2004b): Interrelations between elements of the agro-ecosystem in a soil tillage trial. „AGRO-21” Füzetek, 37:97–110. pp. (4) CSETE L. – VÁRALLYAY GY. (eds.) (2004): Agroecology – Environ-

mental interactions of agro-ecosystems and possibilities of their control. „AGRO-21” Füzetek, 37, 217 p. (5) FARKAS Cs. (2004): Effect of soil tillage on soil properties and soil water regime. In: Birkás M., Gyuricza Cs. (eds.): Soil management – Tillage effects – Soil water. Szent István University, Gödöllő, 61-81. pp. (6) FARKAS Cs. (2007): Extension of the validity of a soil water balance simulation model for intensively tilled soils with time-dependent soil physical properties. HNSF Project Report No. 042996, 15. p. (7) FARKAS Cs. – MAJERÉAK J. (2007): Soil water storage under conventional and soil conserving tillage practices. ISSPA Conference, Budapest, June 2007, (Conference Abstract) (8) FARKAS Cs. – RANDRIAMAMPINANINA R. – MAJERÉAK J. (2005): Modelling impacts of different climate change scenarios on soil water regime of a Mollisol. Cereal Research Communications, 33:185-188. pp. (9) FLACHNER Zs. – FONYÓ Gy. – KONCSOS L. (2004): Dynamic modelling for water retention based floodplain management at Bodrogek. Hungary. Proc. of the 7<sup>th</sup> INTERCOL Wetland Conference, 2004. (10) HASKETT J.D. – PACHEPSKY Y.A. – ACOCK B. (2000): Effect of climate and atmospheric change on soybean water stress: a study of Iowa. Ecological Modelling, 135: 265-277. pp. (11) IPCC (2001): Climate Change. Third Assessment Report. Cambridge Univ. Press, New York (12) IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996. pp. (13) KOVÁCS G. – DUNKEL Z. (1997): Expectable results of the climate change on the Hungarian arable land. Proc. of the Meteorológiai Tudományos Napok, Nov. 20-21, 1997, Budapest, Hungary: 181-193. pp. (14) KROULÍK M. – HÜLA J. – ŠINDELAR R. – FRANTIŠEK I. (2007): Water infiltration into soil related to the soil tillage intensity. Soil & Water Res., 2: 15–24. pp. (15) LÁNG I. – CSETE L. – HARNOS Zs. (1983): Agro-ecological potential of Hungarian agriculture. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (16) NAKICENOVIC N. – SWART R. (eds.) (2000): IPCC Special Report on Emissions Scenarios. Cambridge University Press, UK; Available at: <http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm> (17) SIROTENKO O.D. – ABASHINA H.V. – PAVLOVA V.N. (1997): Sensitivity of the Russian agriculture to changes in climate, CO<sub>2</sub> and tropospheric ozone concentration and soil fertility. Climate Change, 36: 217-732. pp. (18) ŠTEKAUEROVÁ V. – NAGY V. – KOTOROVÁ D. (2006): Soil water regime of agricultural field and forest ecosystem. Biologia, Bratislava, vol. 61/Suppl. 19:S300-S304. (19) SZABOLCS I. – VÁRALLYAY Gy. (1978): Limiting factors of soil fertility in Hungary. Agrokémia és Talajtan, 27:181–202. pp. (20) SZÖLLŐSI I. (2003): Relationship between the soil penetration resistance and soil water content, measured on a loamy soil using 3T SYSTEM equipment. Agrokémia és Talajtan, 52,:263-274. pp. (21) TÓTH B. – MAKÓ A. – RAJKAI K. – MARTH P. (2006): Study the estimation possibilities of soil hydraulic conductivity. Cereal Res. Comm. 34: 327–330. pp. (22) VAN DAM J. (2000): Field-scale water flow and solute transport. Ph.D. thesis, Wageningen University, the Netherlands, 167 p. (23) VAN GENUCHTEN M.T.H. (1980): A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. Soil Sci. Soc. Am. J., 44: 892-898. pp. (24) VÁRALLYAY Gy. (1973): 1973. A new apparatus for the determination of soil moisture potential in the low suction range. Agrokémia és Talajtan, 22:1-22. pp. (25) VÁRALLYAY Gy. (2000): 2000. Risk assessment and prevention of soil degradation processes in Hungary. In: Cottam, Harvey, Pape and Tait (eds.): Foresight and Precaution, Balkema, Rotterdam: 563–567. pp. (26) VÁRALLYAY Gy. (2004a): Soil as a fundamental medium of agro-ecosystems. „AGRO-21” Füzetek, 37. 33–49. pp. (27) VÁRALLYAY Gy. (2004b): Agro-ecology and water management. „AGRO-21” Füzetek, 37:33–49. pp. (28) VÁRALLYAY Gy. (2005): Water storage of Hungarian soils. Agrokémia és Talajtan, 54:1-8. pp. (29) WÖSTEN J.H. – FINKE P.A. – JANSSEN M.J. (1995): Comparison of class and continuous pedotransfer functions to generate soil hydraulic characteristics. Geoderma, 66:227- 237. pp.



# MÉSZLEPEDÉKES CSERNOZJOM TALAJOK TALAJVÁLTOZATAINAK KLÍMAÉRZÉKENYSÉGE

FARKAS CSILLA – HERNÁDI HILDA – MAKÓ ANDRÁS – MÁTÉ FERENC

**Kulcsszavak:** klímaérzékenység, csernozjom talajok, talajvízmérleg-elemek, szcenárió-analízis, SWAP modell.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A hazai mészlepedékes csernozjom talajok klímaérzékenységét vizsgáltuk két klímaváltozási forgatókönyv és egy, a jelenlegi klímát képviselő időszak tükrében. Vizsgálataink során a Hadley Centre 2007-ben kiadott A2 és B2 klímaszcenárióját, valamint az 1960-1990-es referencia időszak napi leskálázott meteorológiai adatait használtuk fel. A mintaévek kiválasztását a 31-31 éves idősorok éves csapadékösszegének relatív gyakorisága ( $P_{sp}$ ) szerint végeztük el. A tanulmányba bevont 49 talajszelvény leválogatása altípusuk, valamint fizikai féleségük alapján történt a MARTHA adatbázis felhasználásával. Az azonos csoportba tartozó – azonos fizikai féleségű – talajszelvények víztartóképeség-függvényeinek változatosságát a skálázási eljárás segítségével vettük figyelembe. Ezzel a módszerrel a talaj hidrofizikai tulajdonságainak változékonyságát egy paraméterrel, a skálázási együtthatóval fejezhetjük ki. Az egyes klímaforgatókönyvek adott gyakorisággal előforduló éveinek hatását a vizsgált talajváltozatok vízforgalmára szcenárió-analízissel tanulmányoztuk. E célból a SWAP matematikai modellt textúra-csoportonként 6-6 referencia talajszelvény talajhidrológiai jellemzőinek és 9-9 előzetesen leválogatott mintaév meteorológiai adatainak kombinációira futtattuk. Eredményeink alapján igazoltuk a csernozjom talajok vízforgalmának és vízmérlegének nagyfokú klímaérzékenységét. A növényi vízfogyasztás alakulására irányuló számításaink eredményei arra engednek következtetni, hogy hazai körülmények között az A2 szcenárió kedvezőtlenebb feltételeket teremtené az őszi búza termeléséhez mészlepedékes csernozjom talajokon, mint a B2 szcenárió. Megállapítottuk, hogy a talaj víztartóképeség-függvényeinek jellemzésére használt skálázási együttható esetenként megfelelő indikátora lehet a talajvízforgalom klímaérzékenységének.

## BEVEZETÉS

Az éghajlati tényezők változása jelentős változásokhoz vezethet az időjárás természetes ciklusában. Egyes kutatások szerint például az évi középhőmérséklet 1 °C-os növekedése 10-14 napos eltolódást eredményezhet a vegetációs periódus hosszában és 6-8 napos eltolódást annak kezdetében (Varga-Haszonits – Varga, 2004). A klíma-

változás iránya és hatásai azonban nehezen becsülhetők (Várallyay, 2005). Bármelyik lehetőséggel is számolunk (éves csapadékmennyiség csökkenése vagy növekedése), az elmúlt évek tapasztalatai és a klímakutatások arra engednek következtetni, hogy Magyarországon egyre gyakoribbá válhatnak a szélsőséges időjárási és vízháztartási helyzetek (Szász et al., 1994; Bartholy et al., 2007c), aminek következtében a jövőben megnőhet



a talajok ár- és belvíz-, valamint aszályérzékenysége (Várallyay, 2004).

A léghőmérséklet, valamint a felszínre érkező csapadék mennyiségének, eloszlásának és intenzitásának változása jelentősen befolyásolhatja a talaj hő-, víz- és tápanyagforgalmát, tehát termékenységet is (Várallyay, 1992; Németh, 1996; Kovács – Dunkel, 1997). Az aszály és a belvíz kialakulásában az időjárási (csapadék mennyisége és intenzitása, magas hőmérséklet, párolgási viszonyok stb.), a hidrológiai (felszíni lefolyás, talajvízszint) és az agronómiai (sűrű növényállomány, helytelen talajművelés, rossz tápanyagellátás) okok mellett kiemelkedő lehet a talajtani tényezők (fizikai féleség, a talaj víztartó és vízvezető képessége, szervesanyag-tartalom stb.) szerepe is. A különböző talajtulajdonságok befolyásolhatják a szélsőséges időjárási helyzetek okozta vízhiány kialakulását, valamint az aszályos időszak időtartamát is.

A fentiek alapján megállapítható, hogy napjainkban egyre fontosabbá válnak azok a kutatások, amelyek a klímamodellek által előre jelzett különböző klímaforgatókönyvek talajvízforgalomra és növényállományok vízmérlegére gyakorolt hatására irányulnak (Birkás – Gyuricza, 2004; Tuba et al., 2004).

A vizsgálatokban sok a bizonytalanság, hiszen olyan meteorológiai adatsorok állnak rendelkezésünkre, amelyeket a globális klímamodellek alapján számítottak és finomítottak, az országra jellemző klímaviszonyoknak megfelelően. Az időjárási elemek hatását és a talaj-víz-növény rendszerben végbeménő folyamatokat rendkívül sok tényező határozza meg. A szimulációs modellek lehetővé teszik az ilyen összetett folyamatok tanulmányozását, így a klímaváltozásnak a talaj víz- és hőforgalmára gyakorolt hatásának vizsgálatát is. Ezek a matematikai modellek fizikai és félempirikus összefüggésekre épülnek, tükrözik a vizsgált rendszer elemei közötti kölcsönhatásokat és folyamatokat, ezért alkalmasak a különböző hatótényezők és

talajtulajdonságok talajvízforgalomra gyakorolt együttes hatásának összetett jellemzésére (Farkas – Rajkai, 2002; Koncsos et al., 2004).

Farkas (2004) a SZIE talajművelési tartamkísérleteiben vizsgálta a prognosztizált klímaváltozás hatását a talajvízmérleg egyes elemeire. A SWAP (Soil-Water-Plant-Atmosphere, van Dam, 2000) szimulációs modellre épülő kutatási eredmények szerint a megfelelő talajművelési rendszer megválasztásával egy meghatározott mértékig kompenzálhatjuk az időjárási szélsőségek káros hatásait (Farkas et al., 2008). Ezek az eredmények összhangban voltak a témában korábban megjelent vizsgálatok eredményeivel (Láng et al., 1983; Csete – Várallyay, 2004), azonban egy mintaterületre korlátozódtak, és nem nyújtanak információt az egyes talajféleségek klímaérzékenységéről.

Jelen tanulmány célja olyan, országos léptékű adatbázisra és matematikai modellre épülő módszertan kidolgozása és tesztelése volt, melynek felhasználásával értékelni tudjuk a talajok vízforgalmának klímaérzékenységét a jelenlegi és a várhatóan kialakuló klímának megfelelő, különböző időjárási évtípusok hatásai alapján. Vizsgálatainkat elsősorban a mezőgazdasági termelést döntően befolyásoló talajvízforgalmi tényezőkre és a vegetációs időszakra terjesztettük ki. Ennek megfelelően a talaj fejlődését, valamint víz- és anyagforgalmát meghatározó klimatikus tényezők közül az éves átlaghőmérsékletet, a párolgási viszonyokat, valamint az éves csapadékösszeget vettük figyelembe. A vizsgált rendszer összetett mivoltából és a lehetséges talaj-időjárási évtípus kombinációk mennyiségéből kifolyólag a talajtani tényezők közül alapvetően a talaj szerkezetétől, fizikai féleségétől és szervesanyag-tartalmától egyaránt függő talajhidrológiai függvényekre szorítkoztunk. Ezáltal – ha áttételesen is – számos talajtényező talajvízforgalomra gyakorolt hatását tudtuk értékelni eltérő időjárási feltételek mellett.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Jelen tanulmányban a *Hadley Centre (Anglia)* által használt globális klímamodellel előállított, két különböző klímaforgatókönyvre (A2 és B2) vonatkozó, 31-31 évre napi felbontásban rendelkezésre álló meteorológiai adatsorokat alkalmaztuk. Az IPCC SRES A2 és B2 klímaforgatókönyvek a 2070–2100-ig, a jelenlegi klímát reprezentáló meteorológiai adatsor az 1960–1990-ig terjedő időszakra vonatkoztak (Bartholy et al., 2007c). A globális érvényű adatok területi finomítását (leskálázást) az *ELTE TTK Meteorológiai Tanszéke* munkatársai végezték (Bartholy et al., 2007a,b).

A SWAP talajvízforgalmi modell időjárási adatsorait a Budapestre vonatkozó, napi felbontású adatokból (napi minimum és maximum hőmérséklet, napi csapadékösszeg) hoztuk létre. A referencia időszakra (RF) és a klímaszcenáriókra (A2 és B2) elvégzett mo-

dellfuttatások során a meteorológiai tényezők változatosságát idősoronként 9-9 kiválasztott évvel jellemeztük. Ezeket a mintaéveket az éves csapadékösszeg eloszlásfüggvényének jellegzetes pontjai alapján választottuk ki. E célból megkerestük azokat a konkrét, a 31-31 éves idősorok adatbázisában fellelhető éveket, melyek a legjobban reprezentálják a 0; 0,125; 0,250; 0,370; 0,500; 0,625; 0,750; 0,875 és 1,0 relatív gyakoriságnak megfelelő éves csapadékösszegekkel ( $P_{SP}$ ) rendelkező éveket. A lehetséges klímaváltozási forgatókönyvek elemzése (szcenárió-analízis) során ezekre az évekre végeztük el a modellfuttatásokat (1. táblázat).

A modell bemenő talajfizikai adatainak kiválasztása a MARTHA adatbázis (Makó – Tóth, 2008) felhasználásával történt. Mészlepedékes csernozjom altípusú, különböző fizikai féleségű (homokos vályog (HV) – 11 db, vályog (V) – 17 db és agyagos vályog (AV) – 21 db) talajok adatait válogattuk le az adatbáz-

1. táblázat

A vizsgálat során alkalmazott klímaszcenáriók és a referencia évek jellemző meteorológiai adatai

	Referencia időszak			Klímaszcenáriók					
	RF (1960-1990)			A2 (2070-2100)			B2 (2070-2100)		
		T (°C)	SP (mm)		T (°C)	SP (mm)		T (°C)	SP (mm)
Átlag		11,8	466,1		16,8	396,5		15,7	395,8
CV (%)		0,4	21,2		0,4	21,1		0,4	29,2
A klímaszcenáriók összehasonlítására kiválasztott évek									
Relatív gyakoriság	Év	T (°C)	SP (mm)	Év	T (°C)	SP (mm)	Év	T (°C)	SP (mm)
$P_{SP} \approx 0,000$	1988	13,4	239,3	2081	17,5	183,0	2098	18,0	183,4
$P_{SP} \approx 0,125$	1960	12,6	307,5	2070	15,7	319,0	2073	17,5	233,4
$P_{SP} \approx 0,250$	1985	10,8	395,2	2090	16,4	334,0	2084	16,8	317,0
$P_{SP} \approx 0,375$	1987	12,1	452,5	2072	15,2	364,0	2094	16,8	350,8
$P_{SP} \approx 0,500$	1990	12,1	488,3	2099	18,1	379,0	2083	15,8	389,9
$P_{SP} \approx 0,625$	1973	12,9	530,2	2098	18,0	439,0	2075	15,6	411,6
$P_{SP} \approx 0,750$	1966	10,8	550,1	2097	17,6	467,0	2074	15,2	477,1
$P_{SP} \approx 0,875$	1975	11,3	563,7	2091	17,7	499,0	2087	15,3	561,6
$P_{SP} \approx 1,000$	1961	10,0	583,0	2071	14,8	544,0	2093	14,2	648,3

SP – éves csapadékösszeg;  $P_{SP}$  – az éves csapadékösszeg relatív gyakorisága; T – éves átlaghőmérséklet

2. táblázat

A három textúra-csoport mechanikai összetétele, humusztartalma (HUM) és térfogattömege (tt)

Fizikai féleség		Agyag	Vályog	Homok	HUM	tt
		%				g cm <sup>-3</sup>
HV	min.	10,6	20,6	14,7	1,09	1,16
	max.	22,2	63,1	66,0	2,49	1,66
	átlag	15,0	35,7	49,3	1,81	1,36
V	min.	1,5	34,8	15,5	1,73	1,30
	max.	24,2	65,5	45,6	3,51	1,55
	átlag	17,8	50,5	31,7	2,62	1,43
AV	min.	11,6	42,9	15,8	2,39	1,09
	max.	34,5	63,1	35,7	3,31	1,55
	átlag	22,7	51,7	25,6	2,76	1,38

3. táblázat

A három textúra-csoport talajhidrológiai jellemzői

Fizikai féleség		Mért értékek					Illesztett V-G paraméterek			
		K	$\Theta_{pF=0,0}$	$\Theta_{pF=2,5}$	$\Theta_{pF=4,2}$	hyl	TVT	RVT	n	alpha
		cm nap <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>						-	cm <sup>-1</sup>
HV	min.	1,7	0,39	0,19	0,08	0,01	0,483	0,016	1,281	0,020
	max.	87,9	0,54	0,32	0,20	0,03				
	átlag	36,0	0,48	0,26	0,14	0,02				
V	min.	1,6	0,41	0,26	0,12	0,01	0,473	0,017	1,251	0,019
	max.	19,7	0,53	0,35	0,22	0,02				
	átlag	8,6	0,47	0,30	0,16	0,02				
AV	min.	1,3	0,43	0,26	0,12	0,02	0,482	0,023	1,292	0,007
	max.	57,1	0,58	0,41	0,24	0,04				
	átlag	10,9	0,49	0,32	0,18	0,02				

K – telítettségű vízvezető képesség;  $\Theta_{pF=x}$  – az x vízpotenciálnak megfelelő talajnedvesség-tartalom; hyl – higroszkóposság; TVT – telítettségű víztartalom; RVT – reziduális víztartalom; n és alpha – a van Genuchten (V-G) függvény paraméterei

ziséből. Az eltérő fizikai féleségű talajok 0-30 cm-es rétegének talajtani és talajhidrológiai jellemzőit a 2. és 3. táblázat szemlélteti.

A leválogatást követően az azonos fizikai féleségű talajok víztartóképeség-függvényeit (pF-görbéit) belső léptékük szerint rendszereztük (beskáláztuk). A rendszerezés

(Miller – Miller, 1956) során kiszámoltuk az egyes textúra-csoportok átlaggörbéjének van Genuchten paramétereit, majd ezt követően minden egyes görbéhez ún. arányossági mutatót (skalázási együtthatót, SE) rendeltünk. Az arányossági mutató kifejezi az egyes görbék eltérését a csoport átlaggörbéjétől,

## 4. táblázat

**Az arányossági együttható ( $P_{SE}$ )  
eloszlásfüggvénye alapján kiválasztott, adott  
relatív gyakorisághoz ( $P_{SE}$ ) tartozó  
SE értékek, melyek az egyes  
textúra-csoportokra jellemző  
víztartóképeség-függvényeket reprezentálták  
a modellezés során**

SE relatív gyakorisága	Fizikai féleség		
	HV	V	AV
$P_{SE\_0,00}$	0,080	0,054	0,159
$P_{SE\_0,25}$	0,134	0,258	0,286
$P_{SE\_0,50}$	0,424	0,856	0,769
$P_{SE\_0,70}$	0,881	1,333	0,947
$P_{SE\_0,85}$	1,733	2,005	1,467
$P_{SE\_1,00}$	2,061	2,888	2,197

és alapvetően a szerkezeti eltérések miatt fellépő pórusméret-különbségeket jellemzi. A módszert *Farkas (2002)* részletesen ismerteti. A módszer előnye, hogy egy homogénnek tekinthető mintasokaságon belül az arányossági tényező alkalmas a talaj fizikai félesége és szerkezete által egyaránt meghatározott talajhidrológiai függvények közötti különbségek számszerűsítésére. Ily módon a vízmérlegszámítások egy görbesereg tanulmányozása helyett egy paraméter elemzésére egyszerűsíthetők.

Vizsgálatainkban az egyes textúra-csoportokon belül a talajhidrológiai függvények (víztartó- és vízvezetőképesség-függvény) változatosságát az arányossági tényező (SE) eloszlásfüggvénye alapján vettük figyelembe oly módon, hogy a SWAP modellt az SE 6-6 meghatározott relatív gyakoriságának ( $P_{SE}$ ) megfelelő talaj adataival futtattuk (4. táblázat). Tekintettel arra, hogy a 30 cm alatti rétegek adatai az adatbázisban hiányosak voltak, csak a felső 30 cm-es réteg talajtulajdonságait változtattuk a modellezés során. A mélyebben elhelyezkedő rétegeket azonos talajtulajdonságokkal vettük figyelembe.

A lehetséges klímaváltozási forgatókönyvek elemzése során eltérő fizikai féleségű csernozjom talajokra modelleztük a talaj ned-

vességforgalmát és a talajvízmérleg elemeit (növényi vízfogyasztás vagy evapotranszpiráció, párolgás, mélybeszivárgás) különböző klímaviszonyok függvényében. A modellfuttatásokhoz használt bemenő talajfizikai adatok a talaj víztartó- és vízvezetőképesség-függvények analitikus leírására széleskörűen alkalmazott van Genuchten-Mualem modell (*Mualem, 1976; van Genuchten, 1980*) paraméterei voltak. A növényi tulajdonságokat (búza: LAI, gyökéreloszlás és -mélység, növénymagasság stb.) szakirodalmi adatok alapján, egységesen határoztuk meg. A modellben található együtthatók beállítása (tehát a modell paraméterezése) előzetes modellillesztés alapján történt (*Farkas, 2007*), mely során egy magyarországi termőhely kísérleti adataira építve beállítottuk a hazai viszonyokra jellemző paraméterértékeket. Ezt követően csak a talajfizikai és a meteorológiai adatokat változtattuk a modellben a célból, hogy az eltérő klímaviszonyokkal rendelkező években a mészlepedékes csernozjom talajok minél szélesebb körét vonjuk be a vizsgálatokba.

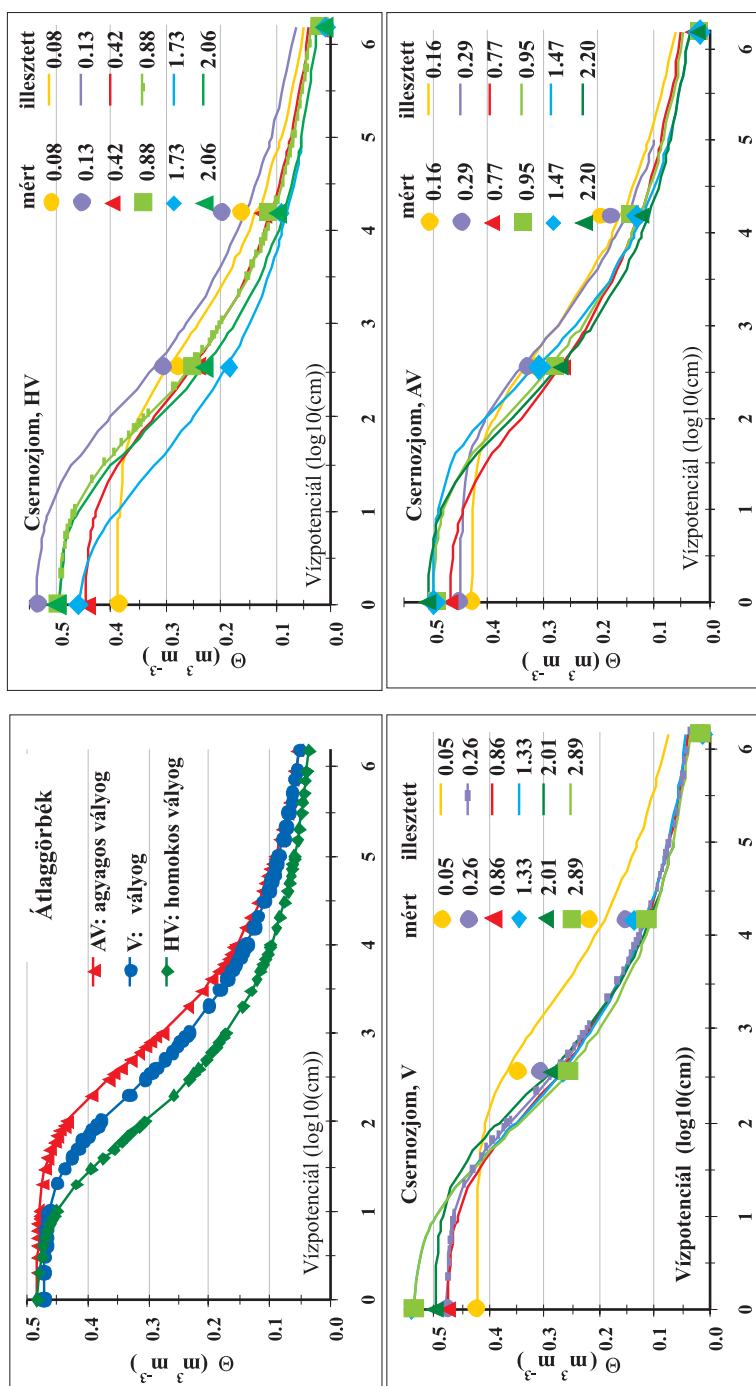
Az eredmények értékelése során összehasonlítottuk a talaj összes vízkészlete, a transzspiráció, a párolgás és a mélybeszivárgás éves alakulását a jelenlegi klímát jellemző (referencia, RF) időszak és a két klímaforgatókönyv (A2 és B2) különböző éveiben. Tanulmányoztuk, hogy mennyiben határozza meg a talajvízmérleg elemeit a talaj fizikai félesége és a víztartóképeség-függvény változatossága eltérő időjárási feltételek esetében. Értékeljük, hogy milyen változásokra számíthatunk a talaj vízforgalmában, illetve miként változhat a talaj aszályérzékenysége.

## EREDMÉNYEK

A talajhidrológiai függvények  
rendszerezése

A három vizsgált fizikai féleség talajhidrológiai adatainak rendszerezésével számított „átlagos” víztartóképeség-görbéket az 1. ábra szemlélteti. A bal felső ábrán

1. ábra



Az eltérő fizikai féleségű talajok átlagos ( $SE = 1$ ) víztartókéesség-függvénye a skálázás alapján (bal felső ábra), valamint az egyes textúra-csoportok mért és illesztett (van Genuchten) víztartókéesség-értékei. A jelmagyarázatban feltüntetett értékek a kiválasztott referencia görbék skálázási együtthatói

## 5. táblázat

A skálázási koefficiens (SE)  
és egyes talajtulajdonságok között számított  
korrelációs együttható (R) értékei

Fizikai féleség	K	$\Theta_{pF=2,5}$	$\Theta_{pF=4,2}$	HUM
	cm nap <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>		%
<b>Korrelációs együttható (%)</b>				
HV	3	-78	-75	23
V	65	-60	-64	29
AV	-7	-49	-82	68
Összes	11	-44	-66	14

látható, hogy a telítettségi víztartalomértékek, valamint a reziduális víztartalom nem különböznek számottevően. Ugyanakkor jelentős, akár 0,15 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>-es különbségek is adódhattak az eltérő textúrájú csoportok átlagos szabadföldi vízkapacitása ( $\Theta_{pF=2,3}$ ) között. A hervadáspont-értékek ( $\Theta_{pF=4,2}$ ) közötti legnagyobb különbség 0,07 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. Az átlaggörbék közötti különbségek alapján feltételezhető volt, hogy a vizsgált talajok nedvességforgalmában számottevő eltérések jöhetnek létre a vegetációs időszak során.

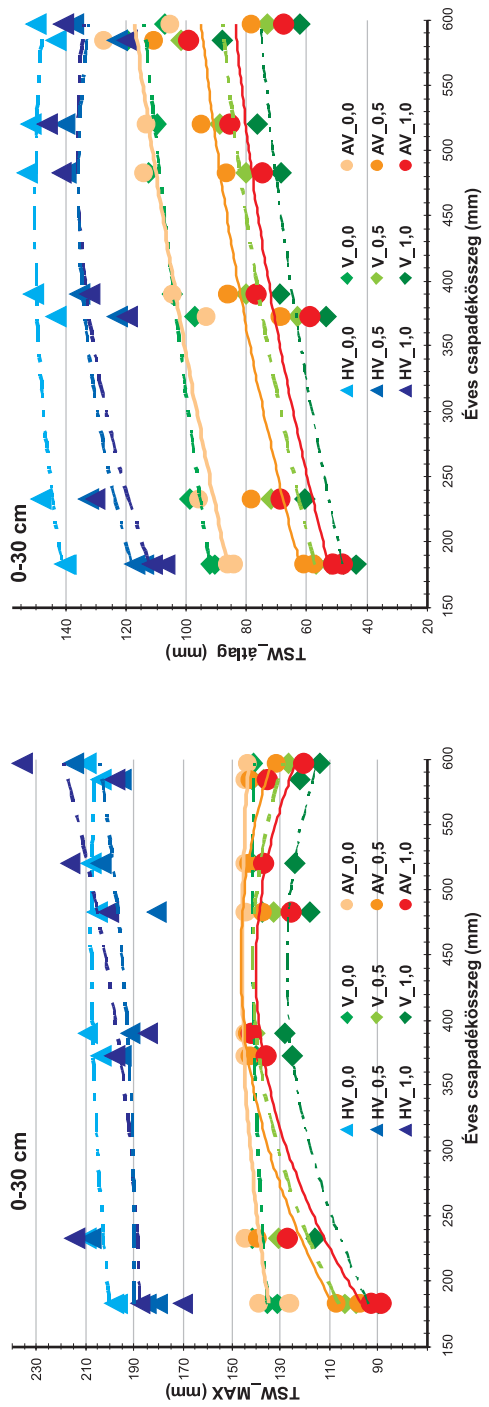
A talajhidrológiai függvények textúra-csoporton belüli eloszlását mutató víztartóképeség-görbék (1. ábra) és a statisztikai elemzések (5. táblázat) alapján elmondható, hogy a nagyobb arányossági együtthatóval (SE) rendelkező görbékét viszonylag nagyobb telítettségi víztartalom és kisebb hervadáspont, illetve szabadföldi vízkapacitás jellemezte. A görbesereg – az SE=0,05 arányossági együtthatóval ( $P_{SE}=0$ ) rendelkező pF-görbét leszámítva – a vályog esetében nyújtotta a legegységesebb képet, míg a legnagyobb szórást a homokos vályognál tapasztaltuk. Az agyagtartalom növekedésével nőtt az arányossági együttható (SE) és a humusztartalom (HUM), illetve hervadáspont ( $\Theta_{pF=4,2}$ ) közötti, és csökkent az SE és a szabadföldi vízkapacitás ( $\approx \Theta_{pF=2,5}$ ) közötti összefüggés erőssége.

## A talaj összes vízkészlete

A talaj összes vízkészletének éves legnagyobb (TSW \_ MAX), legkisebb (TSW \_ MIN) és átlagos (TSW \_ ÁTLAG) értékeit 0-30 és 0-100 cm-es rétegben vizsgáltuk. A 2. ábrán a talajvízkészlet adott évben előforduló legnagyobb és átlagos értékeit tüntettük fel a három klímaforgatókönyvre jellemző éves csapadék-összegek függvényében. Az ábrákon látható kilenc-kilenc adatsor a három vizsgált fizikai féleségre (HV, V és AV) jellemző pF-görbék közül a 0; 0,5 és 1 relatív gyakorisággal ( $P_{SE}$ ) rendelkező víztartóképeség-függvényekre vonatkozik. Ezek – a 4. táblázat alapján – az 1. ábrán az alábbi skálázási együtthatóval rendelkező pF-görbéknek felelnek meg: 0,08; 0,88 és 2,06 (HV); 0,05; 0,86 és 2,89 (V), továbbá 0,16; 0,77 és 2,20 (AV). A 2. ábrán dinamikus matematikai modell eredményeit az elkülönülő pontok jelölik, melyekre másodfokú függvényt illesztettünk. Az illesztett függvények alapján szoros összefüggést találtunk az összes vízkészlet és az éves csapadékösszeg között. A determinisztikus együttható ( $R^2$ ) értékei 0,73 és 0,96, illetve 0,75 és 0,96 között mozogtak a TSW \_ MAX, valamint a TSW \_ átlag esetében.

Az ábrán megfigyelhető, hogy évről-évre függetlenül is határozottan elkülönül a legnagyobb TSW értékekkel rendelkező HV csoport, míg a V és AV fizikai féleségű talajoknál a TSW és az éves csapadékösszeg közötti kapcsolat nagyjából hasonlóan alakul. Ugyanakkor ismeretes, hogy a homokos vályog talajok összességében kevesebb víz befogadására képesek, mint a V és AV fizikai féleségű talajok. Ez a víztartóképeség-függvényeken is megfigyelhető (1. ábra). A HV talajok feltételezhetően azért tudnak a viszonylag kisebb potenciális vízkapacitásuk ellenére is több vizet elraktározni, mint a V és AV talajok, mert a talaj jobb vízvezető képessége miatt a felszín alatti rétegek gyorsabban telítődnek csapadékvízzel, így intenzív esők esetén később következik be a telítődés és kisebb lesz a fel-

2. ábra



Az összes vízkészlet adott évi legmagasabb (TSW<sub>MAX</sub>) és átlagos (TSW<sub>ÁTLAG</sub>) értékeinek alakulása a skálázási együttható függvényében a különböző klímascenáriók eltérő csapadékösszegű éveiben

Jelölések: FF, P<sub>SE</sub> – ahol FF – fizikai feleség (HV – homokos vályog, V – vályog; AV – agyagos vályog, P<sub>SE</sub> – az adott modellfuttatás során használt pF-görbe skálázási együtthatójának relatív gyakorisága (0,0; 0,5 vagy 1,0))



színi elfolyás. Ezek az eredmények arra hívják fel a figyelmet, hogy statikus jellemzőkből, a talajvízforgalom folyamatának mérlegelvekre épülő, dinamikus megközelítése nélkül csak óvatos következtetések vonhatók le a talajok vízgazdálkodására vonatkozóan.

A 2. ábrán látható, hogy mindhárom fizikai féleségnél a kis arányossági együtthatók esetében volt a legnagyobb, és a nagyok esetében a legkisebb a talajban elraktározott víz mennyisége. Még azonos textúra-csoporton belül is számottevő, akár 50-60 mm-t is elérő különbségek alakultak ki  $TSW_{\text{átlag}}$  értékei között. Ez alapján elmondható, hogy a talaj vízkészletének alakulásában a fizikai féleségen túl lényeges szerepet játszik a talaj szerkezetessége és a pórusméret-eloszlás. Sokszor azonban a szemcseméret-eloszláson kívül nem rendelkezünk egyéb információval a vizsgált talajról. A 2. ábrán bemutatott összefüggések hozzáegíthetnek ahhoz, hogy ilyen esetekben is becsülni lehessen egy adott talaj vízkészletének éves alakulását aszályos és csapadékos években egyaránt.

Az *arányossági együttható* (és, következőképpen, a talajhidrológiai függvények) szerepét a talaj összes vízkészletének alakulásában a homokos vályog példáján szemléltetjük. A 3., illetve a 4. ábra a talaj felső 30, valamint 100 cm-es rétegére vonatkozó eredményeket mutatja be. Az éves mérleg ( $\Delta TSW$ ) értékeit az év első és utolsó napjára vonatkozó vízkészletek ( $TSW$ ) közötti különbségekből számítottuk. Ez gyakorlatilag azt mutatja meg, hogy a vizsgált évben a nyári időszakot követően pótlódott-e a víz a talajba, vagy az erőteljes párolgás és növényi vízfogyasztás a vízkészletek megcsappanásához vezetett.

A talaj felső 30 cm-es rétegében az éves vízmérleg szinte minden esetben pozitív volt. A szelvény 0-100 cm-es rétegét vizsgálva azonban megállapítható, hogy az év elején rendelkezésre álló vízkészletek csak az  $SE > 1.0$  skálázási együtthatóval rendelkező talajok esetében pótlódtak év végére az átlagosan nedves és a csapadékos ( $P_{sp} \geq 0.5$ ) években.

A számított  $\Delta TSW$  értékekre illesztett másodfokú függvények az esetek többségében

szoros összefüggést mutattak a  $\Delta TSW$  és az  $SE$  értékei között. A determinisztikus együttható ezekben az esetekben 0,96 és 0,99 között mozgott. A referencia időszak legszárazabb ( $RF_{0,0}$ ), továbbá az  $A2$  klímaforgatókönyv legcsapadékosabb ( $A2_{1,0}$ ) évében azonban a  $\Delta TSW$  és az arányossági tényező közötti összefüggés a többi évre jellemző tendenciától eltérően alakult. A determinisztikus együttható értéke 0,23, illetve 0,31 volt. Feltételezhető, hogy a két eltérő évtípusban az éves csapadékösszegre jellemző összefüggést felülírta a szélsőséges időjárási és hidrológiai helyzetek hatása. Ezek következtében erőteljes felszíni elfolyás, belvíz vagy szélsőséges aszály alakulhatott ki, tehát olyan vízforgalmi helyzetek, amelyek során a talaj víztartalékait a talajtulajdonságoktól eltérő tényezők határozták meg.

A legfontosabb megállapítás az, hogy a feltalaj vízkészletének éves átlaga ( $TSW_{\text{átlag}}$ ) (3. ábra) a két klímaváltozási forgatókönyv ( $A2$  és  $B2$ ) szerint csak a kis előfordulási gyakoriságú legcsapadékosabb ( $A2_{1,0}$  és  $B2_{1,0}$ ) években éri el a jelenlegi klíma átlagos éveire ( $RF_{0,5}$ ) jellemző szintet. A  $B2$  klímaváltozási forgatókönyv átlagosan előforduló éveiben ( $B2_{0,5}$ ) a talaj vízkészlete lényegesen kevesebb lehet, mint a jelenlegi klíma legszárazabb éveiben ( $RF_{0,0}$ ). Az ábrákon jól látszik, hogy az arányossági együttható ( $SE$ ) növekedésével nő az egyazon klímaviszonyok között kialakuló  $TSW_{\text{MAX}}$ ,  $TSW_{\text{átlag}}$  és  $\Delta TSW$  értékek közötti különbség. Ez alapján az arányossági együttható áttételesen mutatja a vizsgált talajok klímaérzékenységét is. Az általunk vizsgált mészlepedékes csernozjom talajok esetében elmondható, hogy a kis  $SE$  értékekkel ( $SE < 0.5$ ) rendelkező talajok reagálnak kevésbé érzékenyen a szélsőséges csapadékviszonyokra. Ugyanakkor az egyes textúra-csoportokon belül csak ritkán előforduló, nagy  $SE$  értékkel rendelkező talajok vízforgalmát nagymértékben meghatározzák a változó klímaviszonyok.

A teljes talajszelvényre vonatkozó eredmények (4. ábra) a feltalajéhoz hasonló tendenciákat mutatnak. Mivel a modellfuttatások során a 30 cm alatti rétegek között nem

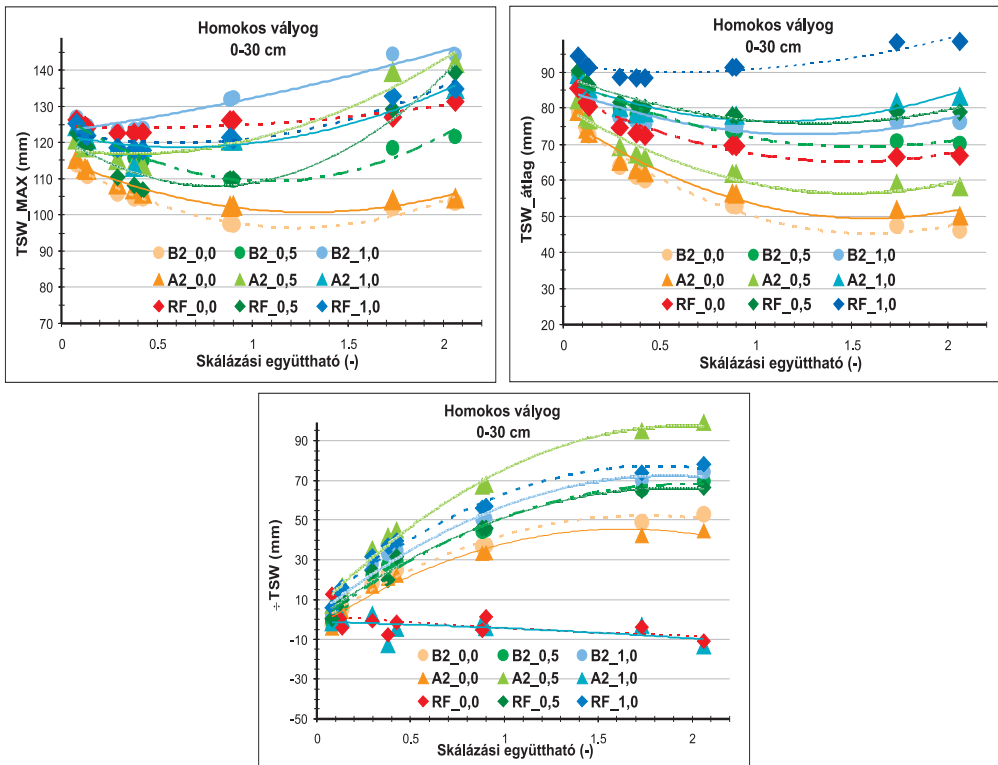


tettünk különbséget, ezek az eredmények rámutatnak arra, hogy a feltalaj jellemzői – valószínűleg a vízvezető képesség révén – jelentősen meghatározzák a teljes talajszelvény vízforgalmát. Esetünkben a  $TSW\_ÁTLAG$  értékeiben figyelhető meg annyi változás, hogy a referencia időszak legcsapadékosabb – RF\_1,0 – évében lényegesen kisebb volt a szelvény teljes vízkészlete, mint a két klímaszcenário legcsapadékosabb évében (A2\_1,0 és B2\_1,0). Ez azonban arra is utalhat, hogy az RF\_1,0 típusú években a csapadékeloszlás és a talaj nedvességtartalma a vegetációs időszak során kedvező a növényzet

számára, ezért a talaj vízkészlete jelentősen lecsökken az intenzív növényi vízfogyasztás révén. A fentiekből látható, hogy a talaj vízkészlete önmagában nem ad elegendő információt arról, hogy mennyiben voltak kedvezőek, illetve kedvezőtlenek az adott évtípus csapadék- és hőmérséklet-viszonyai a növény számára. Ahhoz, hogy ezt a kérdést megválaszolhassuk, szükségünk van a talajvíz mérleg egyéb elemeinek – többek között a növény által felvett víz mennyiségének, tehát a transzspirációnak – az ismeretére.

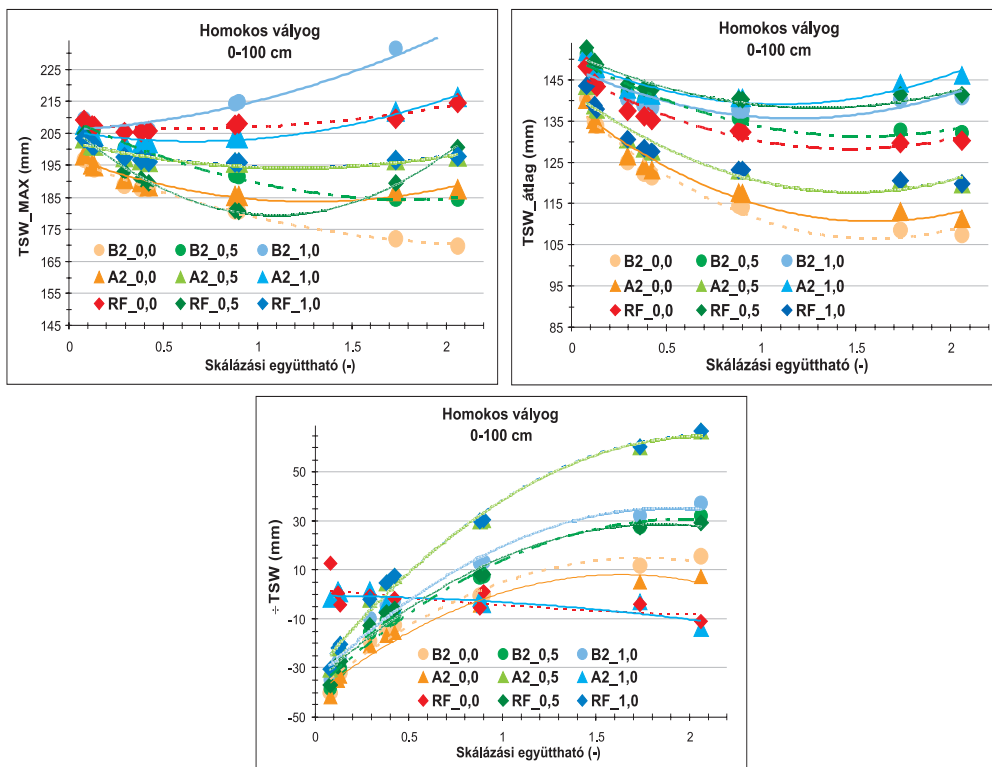
Az 5. ábrán a talajban tárolt vízmennyiség éves legkisebb értékeit ( $TSW\_MIN$ ) mu-

3. ábra



Az összes vízkészlet évi legmagasabb ( $TSW\_MAX$ ) és átlagos ( $TSW\_átlag$ ) értékeinek, valamint éves mérlegének ( $\Delta TSW$ ) alakulása a skálázási együttható függvényében a különböző klímaszcenáriók (RF, A2 és B2) eltérő relatív gyakoriságú ( $P_{sp}=0,0; 0,5$  és  $1,0$ ) csapadékösszeggel rendelkező éveiben, a homokos vályog textúrájú talajok 0-30 cm-es rétegében

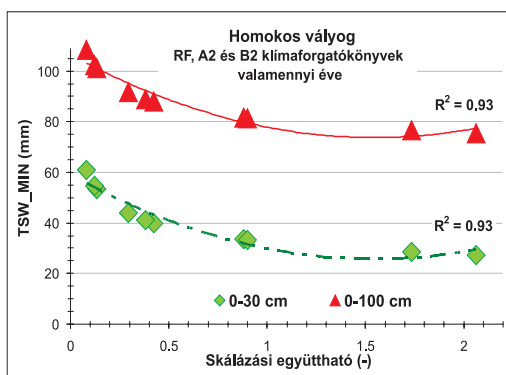
4. ábra



Az összes vízkészlet adott évi legmagasabb (TSW\_MAX) és átlagos (TSW\_átlag) értékeinek, valamint éves mérlegének ( $\Delta TSW$ ) alakulása a skálázási együttható függvényében a különböző klímaszenáriók (RF, A2 és B2) eltérő relatív gyakoriságú ( $P_{SP} = 0,0; 0,5$  és  $1,0$ ) csapadékösszeggel rendelkező éveiben, a homokos vályog textúrájú talajok 0-100 cm-es rétegében

5. ábra

Az összes vízkészlet adott legkisebb (TSW\_MIN) értékeinek alakulása a skálázási együttható függvényében a különböző klímaszenáriók (RF, A2 és B2) eltérő relatív gyakoriságú ( $P_{SP} = 0,0; 0,5$  és  $1,0$ ) csapadékösszeggel rendelkező éveiben, a homokos vályog talajoknál



tatjuk be. Megfigyelhető, hogy a legkisebb víztartalom éves értékeit nem befolyásolják az időjárási viszonyok. Ennek oka az, hogy a legkisebb víztartalom kizárólag a talajtulajdonságoktól függ. Eszerint a 0-30 és 0-100 cm-es rétegre vonatkozó görbék gyakorlatilag az adott talajoszlopot jellemző holtvíz mennyiségét mutatják az arányossági együttható függvényében.

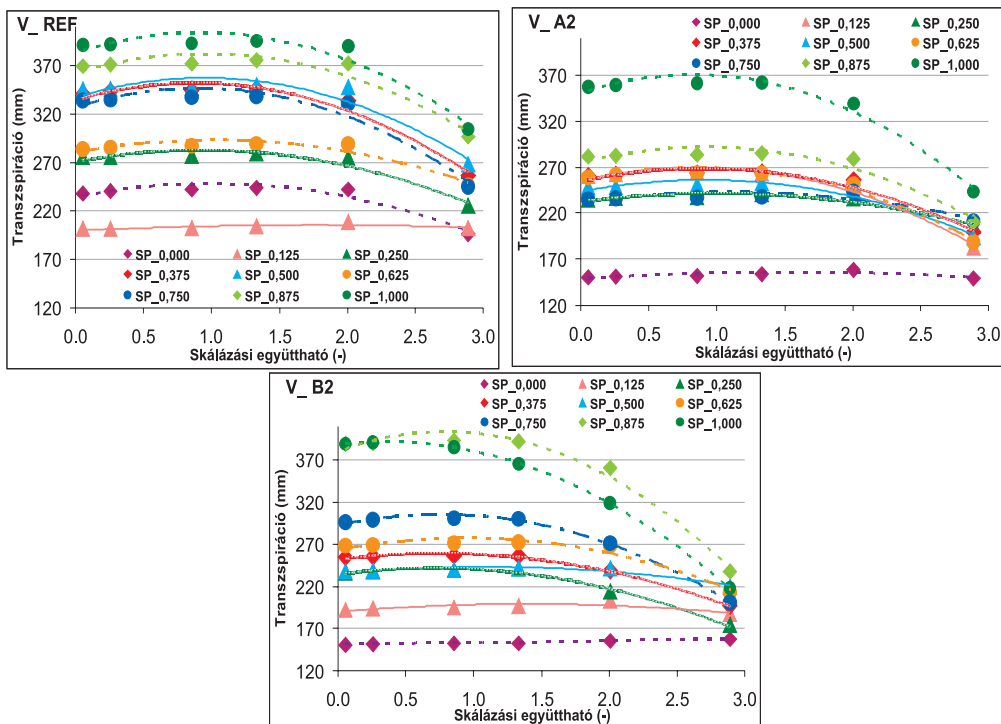
### A talajvízmérleg elemei

A talajvízmérleg egyes elemeinek változását a klímaviszonyok és talajtulajdonságok tükrében a vályog fizikai féleségű talajok példáján szemléltetjük.

A 6. ábra az éves kumulatív *transzspiráció* alakulását mutatja az SE és a csapadékviszo-

nyok tükrében. Látható, hogy a vízmérleg-számítások szerint az A2 klímaforgatókönyv esetében a növényi vízfogyasztás alapvetően 230 és 280 mm között mozog, évjáráttól és talajhidrológiai tulajdonságoktól (SE) függetlenül. Ez alól csak a szélsőséges esetek képeznek kivételt. A szélsőségesen száraz (A2\_0,000 –  $P_{SP}=0$  relatív gyakorisággal), illetve a szélsőségesen csapadékos (A2\_1,000 –  $P_{SP}=1$  relatív gyakorisággal) években az éves transzspiráció értéke értelemszerűen 150 mm, valamint 240-370 mm körül alakul. Hasonló módon kivételt képeznek az igen nagy SE értékkel rendelkező talajok is, melyek – mivel a transzspiráció-értékek kevésbé függenek az éves csapadékösszeg alakulásától – növényi vízfogyasztás szempontjából kevésbé klíma-érzékenyek ugyan, azonban esetükben a nö-

6. ábra



A búzánövény éves vízfogyasztásának (kumulatív transzspiráció) alakulása a vályog fizikai féleségű talajokban az eltérő klímascenáriók (RF, A2, B2) különböző relatív gyakoriságú csapadékösszeggel (SP) jellemezhető éveiben

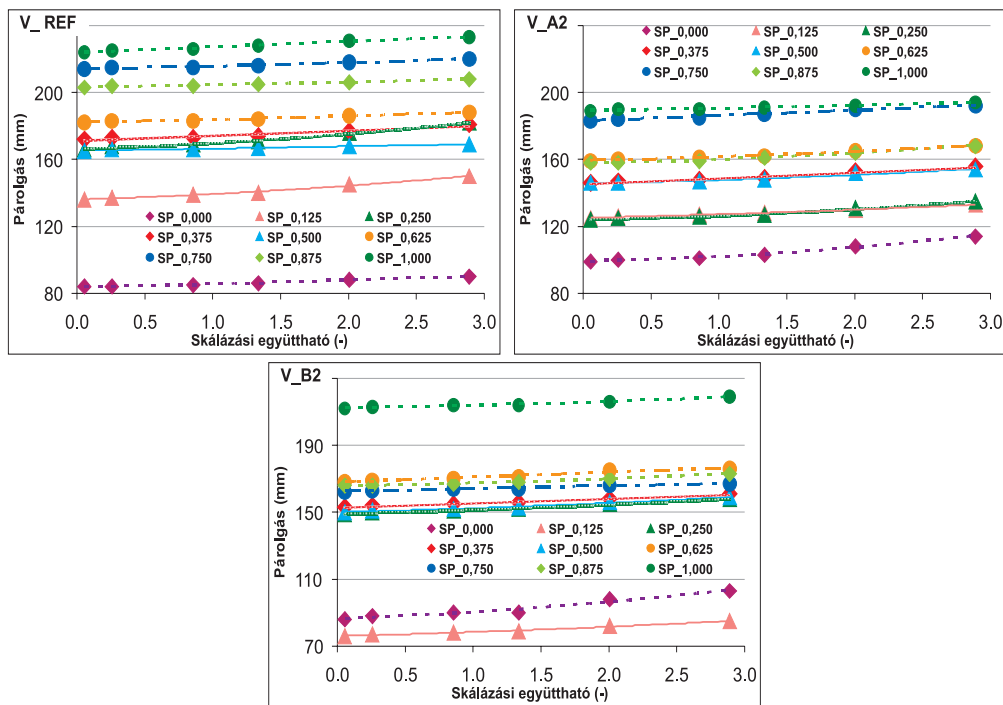
vényi vízfogyasztás még a legcsapadékosabb évben sem haladja meg a 240 mm-t. Feltételezve, hogy az őszi búza vízigénye hazai viszonyok (klíma, agrotechnika, növényfajták) között 350-410 mm közé tehető (Palkovics – Kótai, 2004), megállapítható, hogy a Kárpát-medence sajátosságaiban gondolkodva növénytermesztési szempontból csernozjom típusú talajok és őszi búza esetében az A2 klímaszcenárió forgatókönyve a legkedvezőtlenebb.

A 6. ábrán érdemes megfigyelni, hogy a transzspiráció és az éves csapadékösszeg közötti pozitív összefüggés ellenére a csapadék éven belüli eloszlása, valamint a párolgási és egyéb viszonyok alakulása felülírhatja a logikus sorrendet. A referencia időszakra vonatkozó eredmények közül például a  $P_{SP}=0,000$ ,

illetve  $P_{SP}=0,625$  relatív gyakoriságú csapadékösszeggel (SP) rendelkező években az általános tendenciát meghazudtolóan nagy, illetve kicsi volt az éves transzspiráció értéke. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy bár általános tendenciák és összefüggések kimutathatóak az eredményekből, a talajok klímaérzékenységének tanulmányozásához szükséges a csapadék éven belüli eloszlásának és a szélsőséges időjárási helyzetek hatásának vizsgálata is.

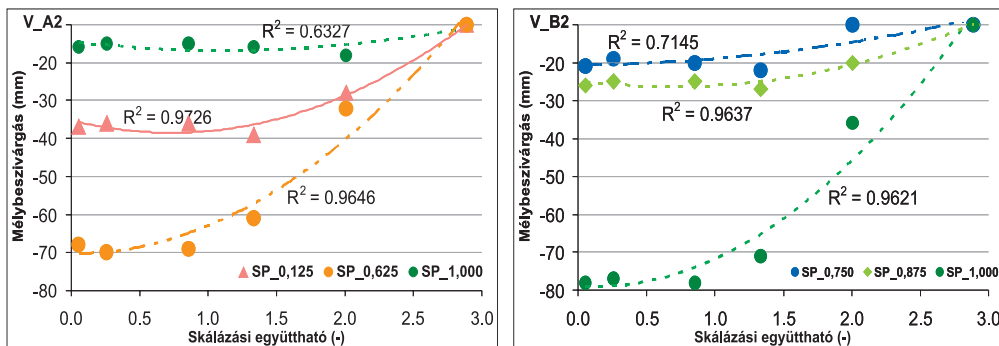
A talajfelszínről történő párolgás jellemző görbéit a 7. ábrán mutatjuk be. Látható, hogy – leszámítva a szélsőséges éveket – a párolgás esetében a B2 szcenárió görbéi halmozódnak fel egy szűk – 140-170 mm-es – intervallumban. A szimulált párolgásértékek nem mutatnak számottevő összefüggést az arányossági együtthatóval, ami valószínűleg

7. ábra



A talaj felszínéről történő párolgás alakulása a vályog fizikai féleségű talajokban az eltérő klímaszcenáriók (RF, A2, B2) különböző relatív gyakoriságú csapadékösszeggel (SP) jellemezhető éveiben

8. ábra



**A talaj felső 100 cm-es rétegéből a mélyebb rétegek felé elszivárgó víz éves mennyiségének alakulása a vályog fizikai féleségű talajokban az eltérő klímascenáriók (RF, A2, B2) különböző relatív gyakoriságú csapadékösszeggel (SP) jellemezhető éveiben**

annak tudható be, hogy a feltalaj tulajdonságain túl a párolgást alapvetően a légköri viszonyok határozzák meg.

Érdekes megfigyelni, hogy a jelenlegi klimatikus viszonyoknál (RF) a transzpiráció kapcsán a 6. ábrán, az aránytalanul magas transzspiráció-értékek miatt kiemelt SP\_0,000 esetben a párolgás drasztikusan lecsökkent, és feltételezhetően ez tette lehetővé a növényi vízfelvételt a szűk csapadékvizonyok között is.

A jelenlegi klímát reprezentáló időszakban nem tapasztaltunk mélybeszivárgást a talaj felső 100 cm-es rétegéből. Ezzel szemben az A2 és a B2 forgatókönyvekre számított vízmérlegekben három-három esetben volt számottevő elszivárgás a talaj mélyebben fekvő rétegeibe (8. ábra). A B2 klímaforgatókönyv esetében a mélybeszivárgás a várakozásoknak megfelelően a legcsapadékosabb években ( $P_{SP} > 0,7$ ) jött létre, és a szélsőségesen csapadékos  $P_{SP} = 1$  évben volt a legszámottevőbb. Ekkor az elszivárgott víz mennyisége elérte a 80 mm-t is. Az A2 klímaforgatókönyvnél nem ilyen egyértelműen értelmezhető a helyzet. Az, hogy milyen relatív gyakoriságú csapadékösszeggel rendelkező évben milyen mértékű mélybeszivárgás alakul ki, teljesen véletlenszerűnek tűnik. Ebből

arra következtettünk, hogy az A2 scenárió esetében ritkán előforduló, azonban rendkívül nagy intenzitású csapadékokra is fel kell készülni. Az ilyen szélsőséges időjárási helyzetben megnő a felszíni elfolyás, eróziós károk léphetnek fel, és – amint az kimutatható volt – a talajszelvény vízkészletvesztéseit a mélyebb rétegekbe távozó víz mennyisége is jelentősen megnövelheti. Mint azt már említettük, a jó vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező csernozjom talajokban a referencia időszak éveiben nem volt kimutatható mélybeszivárgás, annak ellenére, hogy ebben az időszakban az éves csapadékösszeg szinte minden relatív gyakoriságnál nagyobb volt, mint az A2 és B2 klímaforgatókönyv esetében (1. táblázat). Ez alól csak a B2 scenárió legcsapadékosabb éve ( $P_{SP} = 1$ ) képezett kivételt. Az a tény, hogy a lehullott csapadék jelentős része a talaj felső 100 cm-es rétegének vízkészleteit gyarapította, arra enged következtetni, hogy ezek a csapadékesemények sokkal egyenletesebben mentek végbe, mint az A2 és B2 scenárióknál. Ez a megállapítás ismételten felhívja a figyelmet arra, hogy szükséges a szélsőséges időjárási helyzetek talajvízforgalomra gyakorolt hatásának elemzése.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatásokat az OTKA (62436 és 048302), a MEH-MTA VI. 11. sz. kutatási projektje és az Oktatási Minisztérium

(NKFP6-00079/2005) támogatta. A klímaváltozási scenáriókra vonatkozó adatok az EU által létrehozott PRUDENCE Európai Unió EVK2-CT2001-00132 számú projekt adatbázisából származtak.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – GELYBÓ GY. (2007a): Regional climate change expected in Hungary for 2071-2100. *Applied ecology and Environmental Research*. 5. 1-16. pp. (2) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – GELYBÓ GY. – SZABÓ P. (2007b): A hőmérsékleti extrémumok várható alakulása a Kárpát-medence térségében a XXI. század végén. „KLÍMA-21” Füzetek. 51. sz. 3-17. pp. (3) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – BARCZA Z. – HASZPRA L. – GELYBÓ GY. – KERN A. – HIDY D. – TORMA CS. – HUNYADY A. – KARDOS P. (2007c): A klímaváltozás regionális hatásai: a jelenlegi állapot és a várható tendenciák. *Földrajzi Közlemények*. CXXXI. (LV.) kötet, 4. sz. 257-269. pp. (4) BIRKÁS M. – GYURICZA CS. (2004): A talajhasználat és a klimatikus hatások kapcsolata. In: BIRKÁS M., GYURICZA CS. (szerk.): *Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség*. 10-47. pp. SZIE, Gödöllő (5) CSETE L. – VÁRALLYAY GY. (2004): Agroökológia. Az agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei. „AGRO-21” Füzetek, 37. 217. (6) FARKAS CS. (2002): A talajnedvesség-forgalom modellezése a talajfizikai tulajdonságok területi inhomogenitásának és szezonális dinamikájának tükrében. PhD dolgozat, ELTE TTK, Budapest, 150 p. (7) FARKAS CS. (2004): Effect of soil tillage on soil properties and soil water regime. In: BIRKÁS M., GYURICZA CS. (eds.): *Soil management – Tillage effects – Soil water*. 61-81. pp. Szent István Egyetem, Gödöllő (8) FARKAS CS. – MAJERÉAK J. (2007): Soil water storage under conventional and soil conserving tillage practices. ISSPA Conference, Budapest, June 2007, Conference Abstract (9) FARKAS, CS. – RAJKAI, K. (2002): Moisture regime with respect to spatial variability of soil hydrophysical properties. *Agrokémia és Talajtan* 51. 1-2. 7-16. pp. (10) FARKAS CS. – HAGYÓ A. – HORVÁTH E. – VÁRALLYAY GY. (2008): A Chernozem Soil Water Regime Response to Predicted Climate Change Scenarios. *Soil and Water Research*, Vol.3. S58-S67. <http://journals.uzpi.cz:8050/uniqueFiles/01658.pdf> (11) HARNOS ZS. (2005): A klímaváltozás és lehetséges hatásai a világ mezőgazdaságára. *Magyar Tudomány* 7. 826. p. (12) IPCC (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds.: SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR, H.L. MILLER). 996. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (13) KONCSOS L. – FLACHNER ZS. – FONYÓ GY. (2004): Dynamic modelling for water retention based floodplain management at Bodroghköz. Hungary. Proc. Of the 7<sup>th</sup> INTERCOL Wetland Conference, 2004 (14) KOVÁCS G.J. – DUNKEL Z. (1997): A klímaváltozás várható következményei Magyarország szántóföldjein a következő fél században. *Meteorológiai Tudományos Napok Kiadványa*, Nov. 20-21, 1997, Budapest, 181-193. pp. (15) LÁNG I. – CSETE L. – HARNOS ZS. (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. *Mezőgazdasági Kiadó*, Budapest (16) MAKÓ A. – TÓTH B. (2008): MARTHA: az első részletes talajfizikai adatbázis Magyarországon. *Agrárnapló* 2008/3. (17) MIKA J. (1996): Regionális éghajlati forgatókönyvek. Változások a légkörben és az éghajlatban. *Természet Világa* 1996/I. Különszám (szerk. MIKA J.) 69-74. pp. (18) MILLER, E.E. – MILLER, R.D. (1956): Physical theory for capillary flow phenomena. *J. Appl. Phys.*, 27. 324-332. pp. (19) MUALEM, Y. (1976): A new model for predicting the hydraulic conductivity

of unsaturated porous media. *Water Res. Res.* 12. 513-522. pp. (20) NÉMETH T. (1996): Nitrogen balances in long- term field experiments. *Fertilizer Research* 43. 13-19. pp. (21) PALKOVICS G. – KOLTAI G. (2004): A talaj vízgazdálkodása és a növényi produkció kapcsolata különös tekintettel a talajvíz szerepére. *Országos mezőgazdasági szakfolyóirat VIII. évfolyam – 2004/5. Rovat: Szántóföld* (22) SZÁSZ G. – CSELÖTEI L. – KOVÁCS G.J. (1994): Az időjárás és a növénytermesztés. In: LÁNG I., CSETE L., DOHY J., HARNOS ZS., KOCSIS K., VÁRALLYAY GY. (szerk.): *Az agrárgazdaság jövőképe*. 50-87. pp. „AGRO-21” Füzetek, 1994. 1. „AGRO-21” Kutatási Programiroda (23) TUBA Z. – NAGY Z. – CZÓBEL SZ. (2004): Hazai gyeptársulások funkcionális ökológiai válaszai, C-körforgalma és üvegházhatású gázainak mérlege jövőbeni várható éghajlati viszonyok, illetve eltérő használati módok mellett. „AGRO-21” Füzetek 37. sz. 123–138. pp. (24) VAN DAM, J. (2000): Field-scale water flow and solute transport. Ph.D. thesis, Wageningen University, The Netherlands, 167 p. (25) VAN GENUCHTEN, M.TH. (1980): A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. *Soil Sci.Soc. Am J.*, 44 892-898. pp. (26) VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. (2004): Az éghajlati változékonyság és a természetes periódusok. „AGRO-21” Füzetek, 2004. 37. 23-32. pp. (27) VÁRALLYAY GY. (1992): Globális klímaváltozások hatása a talajra. *Magyar Tudomány* 9. 1071-1076. pp. (28) VÁRALLYAY GY. (2004): Agroökológia és vízgazdálkodás. „AGRO-21” Füzetek, 37. 33-49. pp. (29) VÁRALLYAY GY. (2005): Magyarország talajainak vízraktározó képessége. *Agrokémia és Talajtan*, 54. 1-8. pp.



## A TALAJOK KLÍMAÉRZÉKENYSÉGE

SISÁK ISTVÁN – MÁTÉ FERENC – MAKÓ ANDRÁS – SZÁSZ GÁBOR –  
HAUSNER CSABA

**Kulcsszavak:** búza, kukorica, termésátlag, klímaterületek, talajtípusok.

### ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A CORINE felszínborítási adatbázis, az AGROTOPO talajtani adatbázis, Magyarország digitális klimatikus térképe és a megyei kukorica- és búzatermésátlagok hosszú távú idősorainak térinformatikai elemzését végeztük el. A CORINE adatbázisból a szántó felszínborítási kategóriát ábrázoló réteget összemetsztük a többi térképi adatbázissal, a legkisebb, irreleváns poligonokat töröltük és a maradék 504 db, 10 km<sup>2</sup>-nél nagyobb poligonra végeztük el az elemzést, amelyek így a szántó csaknem 98 százalékát fedték le. A poligonok területével súlyozott átlagot számítottunk a búza- és kukorica-termésekből a talajtípusokra és a klímaterületekre is minden évben. A talajokat és klímaterületeket is rangsorba állítottuk minden évben, és az összes évet tekintve véve átlagos rangszámot, valamint nem paraméteres szórás jellegű mutatóként a rangok alsó és felső kvartilisének a távolságát számítottuk ki. Ezekből a kiindulási értékekből közelítő klímaérzékenységi mutatót számítottunk, amely azt mutatja meg, hogy a klimatikus ingadozáson felül a talajtól függő termésingadozás mekkora. Feltehető, hogy azoknál a talajoknál, amelyeknél a rövid távú időjárási hatásokra (évjáráthatás) válaszként a termésben megmutatkozó nagy ingadozást találunk, azok a hosszú távú klimatikus változásokra is érzékenyebben reagálnak, tehát az általunk számított mutató a talajok klímaérzékenységeként fogható fel.

### BEVEZETÉS

Magyarországon az átlagos hőmérséklet 1 °C-kal emelkedett, az éves átlagos csapadék pedig 83 mm-rel csökkent az utóbbi másfél évszázadban, és a változás nagy része az utóbbi évtizedekben következett be (Jolánkai et al., 2004; Várallyay, 2006). Az általános trendek mellett az extrém időjárási események gyakorisága is megnőtt, és ez a folyamat jelenleg is erősödni látszik (Bartholy – Pongrácz, 2007).

A klímaváltozás folyamatait, következményeit és a lehetséges alkalmazkodás módját régóta vizsgálják Magyarországon (Láng et

al., 1983; Láng, 2004). Több publikáció láttott napvilágot az általános mezőgazdasági következményekről (Anda, 2004; Varga-Hacsonits, 2003; Harnos, 2005) és a növénytermelésben jelentkező speciális következményekről (Szóllósi et al., 2004; Jolánkai et al., 2003). Néhány szerző a talajt is tekintetbe veszi, mint a klímaváltozás hatásainak közvetítő közegét a növénytermelés felé (Kertész, 2001; Birkás et al., 2007). Arra nézve azonban, hogy az időjárási hatására bekövetkező termésingadozást hogyan lehetne a talajok klímaérzékenysége felhasználni, kevés közlemény született. Szász (2005) publikációjában ezt a jelenséget vizsgálta. Vizsgálatai



ban függvényeket fejlesztett ki, amelyek az őszi búza és a kukorica termését jellegzetes tájanként az időjárási elemektől függően becsülték. A szerző kiemelte, hogy a termésátlagtól független mérőszámra van szükség az ilyen típusú elemzéshez.

A magyarországi talajok víz- és anyagforgalmi típusainak sokrétű jelentőségét az agroökoszisztémák működése szempontjából Várallyay (2004) tekintette át. A talajtulajdonságok és azok kombinációi nagy térbeli variabilitást mutatnak, és a talajok klímaérzékenysége nyilvánvalóan hasonló mintázatot követ (Várallyay, 2006). A klímaérzékenység valószínűleg szorosan kapcsolódik a vízgazdálkodási tulajdonságokhoz, a növények számára felvehető víz mennyisége a talajban alapvetően meghatározza a termést, tehát a termés jó indikátora lehet a klímaérzékenységnek (Farkas et al., 2005).

Tanulmányunkban azt a célt tűztük ki magunk elé, hogy a térinformatikai és a hagyományos statisztikai elemzés kombinálásával, sokszorosan tesztelt és megbízható adatbázisokra támaszkodva kimutassuk a talajok közötti különbségeket a klímaérzékenység tekintetében, azaz a talajok klímaérzékenységére nézve egy megbízható mutatószámot képezzünk.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatához országos térképi adatbázisokat és statisztikai adatokat használtunk fel. A CORINE felszínborítási adatbázis (EEA, 2005) szántó művelési ágba tartozó területeit dolgoztuk föl (közel 5,3 millió ha). Ennek két oka is volt, mindkettő a további feldolgozott adatokkal függ össze. Az egyik ok az AGROTOPO adatbázis használata volt (Várallyay 2005), amelynek az adatait döntően a szántókon végzett felvételezések alapján terjesztették ki más művelési ágakra és más területhasználati kategóriákra. Ebből következik, hogy a szántók területén a legnagyobb az adatbázis megbízhatósága. Az adatok közül a talajtípust leíró réteget használtuk föl.

A másik ok arra, hogy a CORINE adatbázisból csak a szántókat emeltük ki az volt, hogy a feldolgozott termésadatok az 1960 és 2005 közötti megyei búza- és kukorica-termésátlagok voltak (KSH, 1960-2005). Ezek a növények a legfontosabb szántóföldi kultúrák, együttes vetésterületük a szántó területének fele körül ingadozik. További szempont volt, hogy e két kultúra vegetációs periódusa együtt a teljes évet átfogja, így a terméseredményekben az időjárási variabilitás által jelentős mértékben determinált évjáráthatás jól mérhető. Ezen kívül felhasználtuk még Magyarország klímaterképét is (Kakas, 1989). Az adatokat az ArcMap programmal értékeltük és dolgoztuk föl (ESRI, 2003). A klímaterképet és a statisztikai adatokat digitalizáltuk, a CORINE és az AGROTOPO adatbázisokat pedig digitális formában használtuk föl.

A térinformatikai feldolgozás a következő lépésekből állt:

1. A táblázatosan digitalizált termésadatokat a megyetérképhez kapcsoltuk.
2. Digitalizáltuk a klímaterképet.
3. A CORINE adatbázis szántórétégével kimetsztük a többi térképet (AGROTOPO, klímaterkép, megyei termésátlagok).
4. A három kimetszett eredménytérképet egymással összemetsztük.

Az éves adatokból kiszámítottuk mind a búza, mind a kukorica termésátlagát az egyes klímaterületekre és az egyes talajtípusokra is olyan módon, hogy az adatokat a területnagyságokkal súlyoztuk. Ezeket az eredményeket nagyság szerint sorrendbe állítva mindegyikhez egy rangot rendeltünk. Az adott évben a legnagyobb átlagtermésű klímaterület, illetve talajtípus kapta az 1. rangot, a legkisebb átlagtermésű talajtípus a 31. rangot, mivel ennyi talajtípus van az AGROTOPO adatbázisban, és a legkisebb átlagtermésű klímaterület kapta a 18. rangot, mert ennyi klímaterületet különböztet el a térkép. A talajtípusok, klímaterületek és megyék kódját az 1–3. táblázat mutatja. A számítás elvégzésével minden talajtípusra és minden klímaterületre 44 rangszámot kaptunk az 1960-tól 2005-ig terjedő évek-

## 1. táblázat

## Talajtípusok és kódok az AGROTOPO adatbázisban

1	köves és földes kopár	17	mélyben sós réti csernozjom
2	futóhomok	18	mélyben szolonyeces réti csernozjom
3	humuszos homok	19	terasz csernozjom
4	rendzina	20	szoloncsák
5	erubáz talaj, nyirok	21	szoloncsák-szolonyec
6	savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj	22	régi szolonyec
7	agyagbemosódásos barna erdőtalaj	23	sztyeppesedő réti szolonyec
8	pszeudoglejes barna erdőtalaj	24	szolonyeces réti talaj
9	barnaföld	25	régi talaj
10	kovárányos barna erdőtalaj	26	régi öntéstalaj
11	csernozjom barna erdőtalaj	27	lápós réti talaj
12	csernozjom jellegű homok	28	síkláp talaj
13	mészlepedékes csernozjom	29	lecsapolt és telkesített rétláp talaj
14	alföldi mészlepedékes csernozjom	30	mocsári erdők taljai
15	mélyben sós alföldi mészlepedékes csernozjom	31	nyers öntéstalaj
16	régi csernozjom		

re, mivel 1961-ből és 1962-ből hiányoztak az adatok. Kiszámítottuk minden talajtípusra és klímaterületre a rangok átlagát, a rangok alsó és felső kvartilisét és a két kvartilis távolságát. Ez utóbbi a nem-paraméteres statisztikai módszerek között a szórással analóg mérőszám. A nem-paraméteres statisztikai eljárás választását az eredmények között indokoljuk.

A térinformatikai feldolgozás 4. lépésében olyan térképet kaptunk, amelyben 847 eltérő kóddal rendelkező területi egység fordult elő. Ezek az egységek azonban területüket nézve szélsőségesen ferde eloszlást mutattak. A térkép nagyon sok kicsi (néhány száz négyzetméter) egység mellett a nagyságukkal arányosan egyre kevesebb nagy egységet tartalmazott. A térképből töröltük azokat az egységeket, amelyek 10 km<sup>2</sup> (1000 ha) alattiak voltak, ezáltal egy 504 egységből álló térkép maradt, amely azonban a korábbi terület 97,9 százalékát lefedte. A további vizsgálatokat ezzel az ésszerűen redukált térképpel végeztük. Az igen kis területű egy-

ségek részben a térinformatikai feldolgozás műtermékei lehetnek, hiszen a kiindulási térképek sem abszolút pontosak. Másrészt ezek elhagyása nem befolyásolja érdemben a számítás végeredményét, hiszen a területtel súlyozott átlag kiszámítása volt a feldolgozás első lépése.

A talajokra és klímaterületekre kiszámított kvartilis távolságokat sztenderdizáltuk, azaz elosztottuk a megfigyelési egységek számával (31 és 18). Erre azért volt szükség, mert a megfigyelési egységek száma önmagában befolyásolja az átlagos rangot, a kvartiliseket és a kvartilisek különbségét is. Ha a kétféle kiindulási adatot (talaj és klíma) össze szeretnénk vonni egy mutatószámmá, előtte a sztenderdizálását el kell végezni azért, hogy a nagyobb számú kategóriát tartalmazó tényező (talajtípusok) irányába való torzulást kiküszöböljük.

A sztenderdizált adatokból a következő klímaérzékenységi mutatót (KLÉR) számítottuk ki:

## 2. táblázat

## Klímaterületek és kódolásuk

A) meleg terület (szárazföldi hatások túlsúlyban)			
A1	11	egész évben elégtelen nedvességű	száraz (aszályos), a nyár forró
A2	12	egész évben elégtelen nedvességű	száraz (aszályos), a nyár mérsékelten forró
A3	13	a tenyészidőszakban elégtelen nedvességű	mérsékelten száraz, a nyár forró
A4	14	a tenyészidőszakban elégtelen nedvességű	mérsékelten száraz, a nyár mérsékelten forró
A5	15	a tenyészidőszakban elégtelen nedvességű	mérsékelten száraz, a tél hideg
A6	16	mérsékelten nedves, a tél enyhe	
B) mérsékelten meleg terület (óceáni hatások túlsúlyban)			
B1	21	egész évben elégtelen nedvességű	száraz, a tél enyhe
B2	22	egész évben elégtelen nedvességű	száraz, a tél hideg
B3	23	a tenyészidőszakban elégtelen nedvességű	mérsékelten száraz, a tél enyhe
B4	24	a tenyészidőszakban elégtelen nedvességű	mérsékelten száraz, a tél hideg
B5	25	mérsékelten nedves	síksági körzet, a tél enyhe (nagy ködhajlam)
B6	26	mérsékelten nedves	enyhe telű, dombsági típus
B7	27	mérsékelten nedves	hideg telű típus
B8	28	nedves, enyhe telű típus	
C) hűvös terület (hegyvidéki jelleg)			
C1	31	mérsékelten nedves	a tél enyhe
C2	32	mérsékelten nedves	a tél hideg
C3	33	nedves	a tél enyhe
C4	34	nedves	hidegtelű, 500 m feletti típus

## 3. táblázat

## A megyei termésadatsorok kódjai

2	Baranya megye	12	Nógrád megye
3	Bács-Kiskun megye	13	Pest megye
4	Békés megye	14	Somogy megye
5	Borsod-Abaúj-Zemplén megye	15	Szabolcs-Szatmár-Bereg megye
6	Csongrád megye	16	Jász-Nagykun-Szolnok megye
7	Fejér megye	17	Tolna megye
8	Győr-Moson-Sopron megye	18	Vas megye
9	Hajdú-Bihar megye	19	Veszprém megye
10	Heves megye	20	Zala megye
11	Komárom-Esztergom megye		

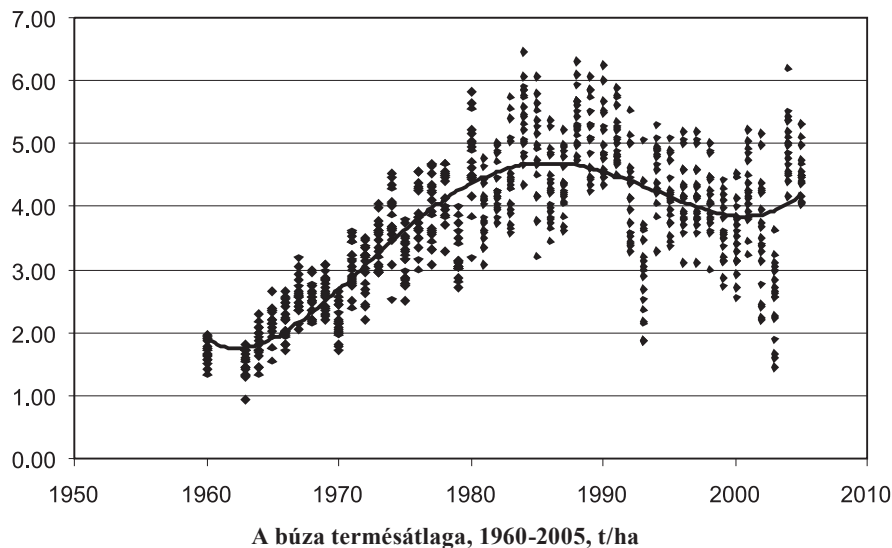
$$KLÉR_{talaj\_i/klíma\_i} = QT_{búza/talaj\_i} + QT_{kukorica/talaj\_i} - QT_{búza/klíma\_i} - QT_{kukorica/klíma\_i}$$

ahol QT a kvartilisek sztenderdizált különbsége a két kultúrára talajtípusonként és klímaterületenként. Mivel mind az 504 vizsgálati egységre nézve mind a négy adat ki-

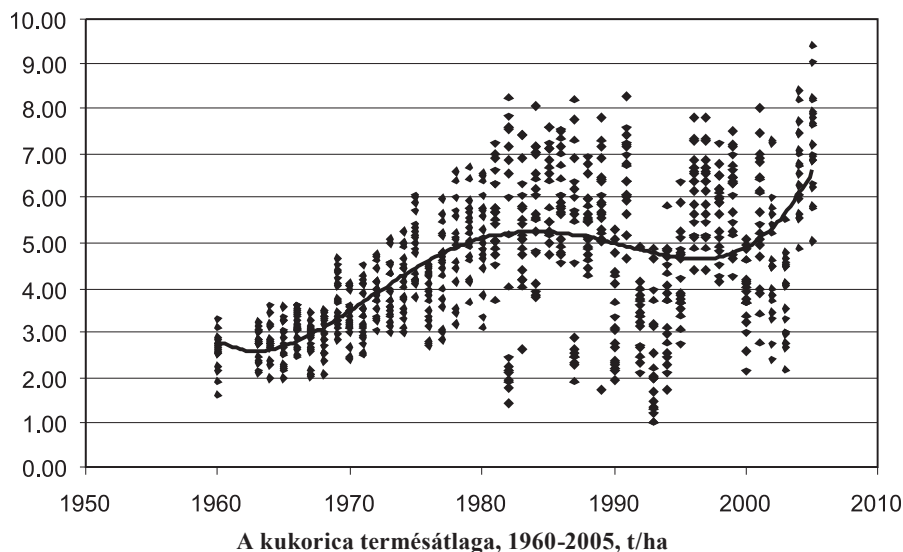
számítható, így a klímaérzékenységi mutató is kiszámítható.

A mutatót azért számítottuk a fenti képlet szerint, mert azt feltételeztük, hogy a termések variabilitása részben a talajok által, részben a klíma által meghatározott. A kettő különbségének a klíma és a talajok termésben

1. ábra



2. ábra



kifejeződő kölcsönhatását kell tükröznie, így a talajok klímaérzékenységét is jellemezhetjük egy ilyen mutatószámmal. A különbséget külön-külön a búzára és a kukoricára is ki lehet számítani, illetve a fenti módon összevont mutatószámot is lehet képezni.

## AZ EREDMÉNYEK

Mind a búza-, mind a kukorica-termések átlagok folyamatos növekedést mutatnak 1960-tól kb. 1990-ig (1–2. ábra). Az átlagok növekedésével a megyék közötti szórás is nőtt, egyes években és megyékben a kukorica-termésátlag nagyon alacsony szintre esett vissza. Mindkét növény termésátlagain megfigyelhető a kilencvenes évek recessziója és az ezredforduló utáni néhány évben az aszályos időjárás hatása. Az idősor utolsó

éveiben azonban kiemelkedően jó terméseket takarítottak be, elérve vagy meghaladva az 1980-as évek szintjét. Az adatok trendjében világosan tükröződik az a terméstechnológiai fejlődés (tápanyagellátás, gépesítés, növényvédelem stb.), amelyen a magyar mezőgazdaság csaknem fél évszázad alatt átment, tükröződik a termelés kereteinek átalakulása (nagyüzemek szervezése, reprivatizáció), és az évenkénti ingadozásban és az egyes éveken belüli szórában tükröződik az időjárás hatása is. Ha az idősort bármilyen szempont szerint átlagoljuk, mindezek a különbségek összerosódnak egy átlagban, és különbségek nehezen mutathatók ki. Ennek kiküszöbölésére választottuk a nem-paraméteres eljárást. A klímaterületek és a talajok közötti, terméseredményekben megmutatkozó rangsor ugyanis feltehetően nagymértékben függet-

4. táblázat

A búza termésátlagai alapján klímaterületekre képzett rangok

égh.kód	átl.rang	min.rang	max.rang	kvart1	kvart3
11	5,77	1	17	3	7,25
12	7,84	2	18	5,75	9
13	5,34	1	13	3	7
14	7,07	3	12	5	9
15	11,95	4	16	10	14
16	2,80	1	10	1	4
21	2,91	1	16	1	3,25
22	14,73	6	18	12,75	18
23	4,89	2	12	3	6
24	14,98	10	17	14	17
25	10,00	3	17	7,75	12,25
26	6,23	2	14	4	8
27	14,41	8	18	12,75	16
28	11,36	2	18	7,75	15
31	10,36	2	18	8	12,25
32	13,66	6	18	12	16
33	12,77	5	18	10	15,25
34	13,93	8	18	11	17

## 5. táblázat

## A kukorica termésátlagai alapján klímaterületekre képzett rangok

égh.kód	átl.rang	min.rang	max.rang	kvart1	kvart3
11	6,25	1	18	2	11
12	9,73	3	18	6	12
13	6,20	2	17	3	9
14	6,98	2	12	5	8,25
15	10,80	1	16	9	13
16	2,39	1	16	1	3
21	4,70	1	18	2	6
22	14,00	2	18	11	18
23	7,27	2	15	6	8,25
24	14,80	5	18	13,75	17
25	8,05	2	17	5	10
26	5,09	2	13	3	7
27	14,89	8	18	14	17
28	8,64	1	18	5	12
31	10,02	3	18	8,75	11,25
32	14,89	11	18	14	16
33	11,48	4	18	9	13,25
34	14,84	7	18	13,75	17

len attól, hogy az idősor mely pontját vizsgáljuk, tehát a kitűzött célunknak, a talajok klímaérzékenysége vizsgálatának jobban megfelel, mint az átlagokra és szórásra épülő paraméteres statisztikai eljárások.

A 4–7. táblázat mutatja a búza- és kukorica-termésátlagok alapján a klímaterületekre és a talajtípusokra képzett átlagos rangokat a feldolgozott 44 év eredményei alapján, valamint a legkisebb és legnagyobb rangot, illetve az alsó és felső kvartilist. Mind a klímaterületek, mind a talajok között világos sorrend alakult ki az átlagos rangokat tekintve, de a teljes idősort figyelembe véve minden talajnál és minden klímaterületnél nagy a rangszámok terjedelme (a legnagyobb és legkisebb rang különbsége), sok esetben szinte a teljes terjedelmet átfogja, függetlenül attól, hogy egy kisebb vagy nagyobb területű talajtípusról, illetve klímaterületről van-e szó. Kezdet-

ben azzal a feltételezéssel éltünk, hogy a kisebb területű egységek szórása kisebb lehet egyszerűen azért, mert kevesebb megyére terjednek ki, ezáltal kevesebb megyei adatból számítjuk ki a rá vonatkozó termést és annak a rangját, de az eredmények nem támasztották alá ezt a feltételezést. Ez abból a szempontból kedvező, hogy a különböző területű talajtípusok és klímaterületek között érvényes összehasonlításokat és megállapításokat tehetünk.

Természetesen a talajtípusok és a klímaterületek elhelyezkedése nem független egymástól, hiszen a klíma a talajképződés egyik alapvető meghatározó tényezője. Ezt a kölcsönös függést mutatja be a 8. táblázat. Csak azokat a területeket tüntettük föl, amelyek nagysága a teljes terület (5,3 millió ha) legalább 0,5 százalékát elérte.

6. táblázat

## A búza termésátlagai alapján talajokra képzett rangok

talajtípus kód	átl.rang	min.rang	max.rang	kvart1	kvart3
1	24,93	4	31	23	29
2	19,80	9	27	16	24
3	17,77	6	30	13,75	21
4	24,14	11	30	22	27
5	25,17	5	31	23	30,75
6	23,45	2	31	22,25	28,75
7	18,73	4	28	12,75	24
8	21,80	1	31	14	29
9	14,61	4	26	11	19
10	26,70	3	30	26	30
11	16,18	3	26	13,5	20
12	10,63	3	27	6	13,25
13	3,25	1	17	1	4
14	8,5	3	17	6	10
15	10,77	2	25	6	14,25
16	10,91	4	19	7	15
17	11,00	2	30	3	18
18	11,73	2	25	6,75	15,25
19	6,52	1	30	1	8,75
20	12,43	1	31	3	19,5
21	13,05	1	30	6	19,25
22	14,59	2	30	10,75	19,25
23	13,20	1	29	5	21,25
24	16,34	4	30	11,75	22,25
25	18,25	9	25	16	21
26	8,80	3	17	7	11
27	9,36	3	20	4,75	14,25
28	15,48	2	30	7	22
29	14,39	3	26	9,75	18
30	26,83	2	31	26	31
31	24,39	12	29	22,75	28

Ha a búza és a kukorica talajonként képzett átlagos rangjait hasonlítjuk össze, azt tapasztaljuk, hogy nincsenek nagy eltérések.

A 3. ábra mutatja be az összevont klímaérzékenységi mutatót. Ahol ennek értéke pozitív, ott a talajtípustól függő termésbeli variancia meghaladja a klímától függő varianciát,

## 7. táblázat

## A kukorica termésátlagai alapján talajokra képzett rangok

talajtípus kód	átl.rang	min.rang	max.rang	kvartl	kvart3
1	25,18	7	30	24	28
2	19,77	6	27	18	22
3	20,55	8	29	19	23,25
4	22,57	8	30	20,5	26
5	26,93	4	31	27	31
6	20,12	1	31	15,5	26,75
7	15,48	3	26	9,25	21
8	15,75	1	31	3,75	24
9	14,61	3	25	9,75	18,25
10	25,52	4	30	24	30
11	16,82	6	25	12,5	21
12	14,68	8	23	12	16,25
13	3,57	1	31	1	3,25
14	9,66	4	25	6	12
15	12,52	2	28	6	18,5
16	11,25	5	20	6,75	17
17	11,36	1	29	3	19,25
18	8,84	2	26	3	12
19	10,62	1	31	3	14,75
20	15,81	1	31	9,25	22,75
21	17,07	3	30	11	22,25
22	11,48	2	30	5,75	15,5
23	10,91	1	30	2	18,25
24	16,50	3	30	9	25
25	17,61	8	25	14	22
26	9,20	3	18	6	12
27	10,55	2	23	5,75	15
28	16,77	2	29	10	24
29	13,57	2	28	9,75	17
30	25,02	3	31	22	31
31	23,59	10	29	22,75	27

azaz a klímától függő variancián felül plusz terméskockázatok is jelen vannak. Ez úgy is értelmezhető, hogy a talaj termőképességének a klímahatásokkal való kölcsönhatása felerő-

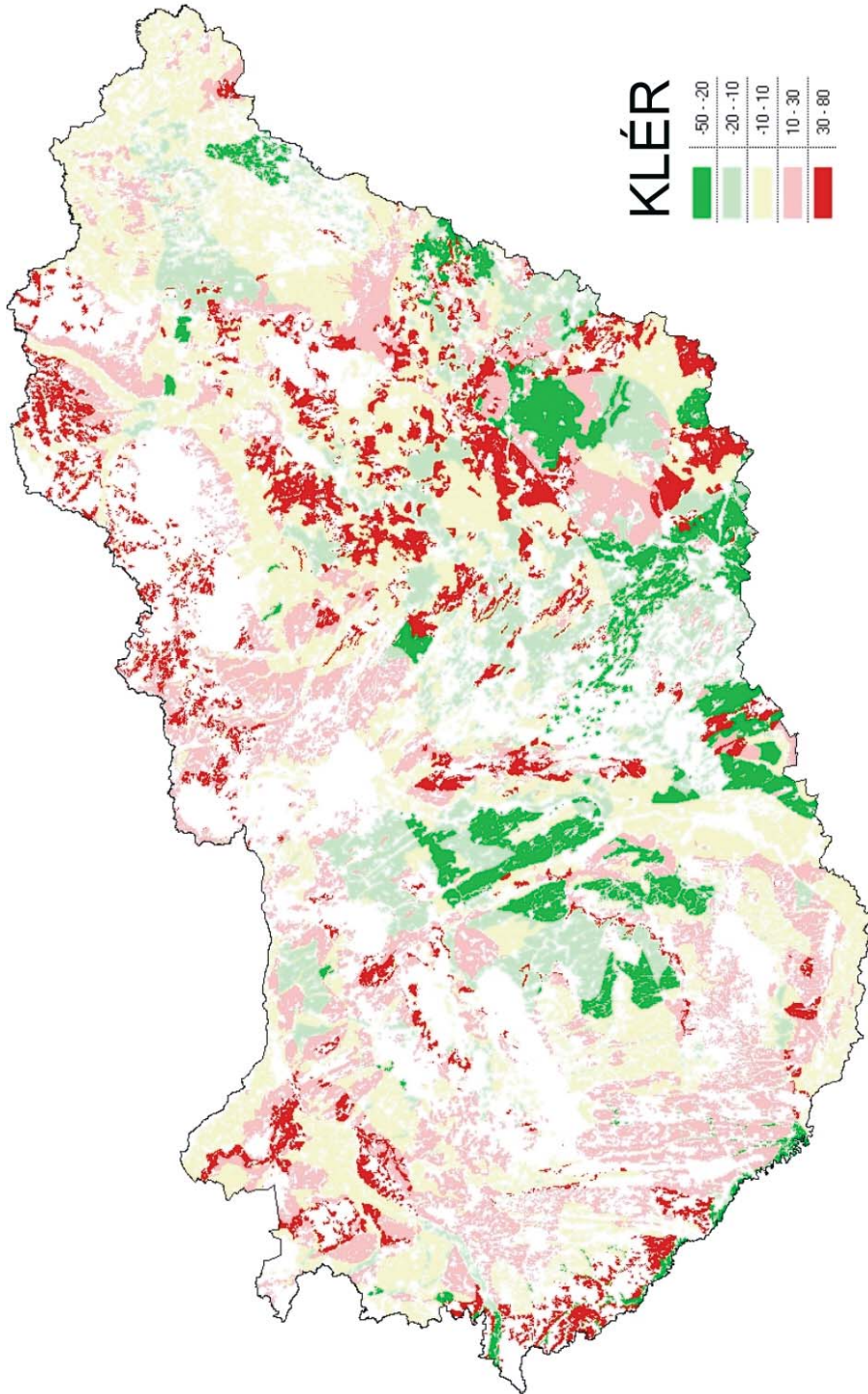
síti a klímahatást, tehát a mérőszám a talaj klímaérzékenységeként is fölfogható. Ahol ez a mutatószám negatív, ott a klímahatás a döntő, amit a talaj csak kevésbé befolyásol. Mivel



**8. táblázat**  
**A klímaterületek és a talajtípusok elterjedésének összefüggése (százalékos megoszlás; csak a teljes terület legalább 0,5 százalékát kitevő egységeket tüntettük föl)**

talajkódok	klímaterület kódok													összesen
	12	23	14	26	13	11	24	15	28	25	16	27		
7		1,28		5,27				0,92		1,06	0,96		27	
25	2,07	0,83	2,16		2,02	0,84	1,26					0,61	10,10	
16	3,17	0,99	1,92		2,41	1,24							9,18	
26	1,18	1,96	2,37	0,54	0,66			1,05			0,55		9,73	
9		3,20		3,31				0,55					8,31	
14	1,57		1,75		1,34	1,14							7,06	
13	1,11	3,19	1,36	0,88									6,50	
11		2,13	1,33	1,43				0,54					6,54	
17	1,20				1,80	1,72							5,43	
24	1,60				0,75								4,72	
3	0,94		0,69										2,35	
31		0,51						1,25					1,63	
23	1,00		0,51		0,54								1,76	
10													2,05	
2	0,64						0,74	0,79					1,53	
22	0,66		0,62										0,64	
27		0,62											1,28	
8									0,93				0,62	
összesen	15,14	14,71	12,71	11,43	9,52	4,94	6,31	1,49	1,99	0,96	0,55	0,61	80,36	

3. ábra



A talajok relatív klímaérzékenysége (magyarázat a szövegben)

a mutatószám a búza- és a kukorica-termés-adatokat is tartalmazza, ezért az egész évet jellemző klímahatást mutat.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást az OTKA 62437 (Talajaink klímaérzékenysége) téma tette lehetővé.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) ANDA A. (2005): A klímaváltozás hazai mezőgazdasági következményei. „KLÍMA-21” Füzetek, 41. sz. 18-28. pp. (2) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. (2007): Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, 57, 83-95. pp. (3) BIRKÁS M. – JOLÁNKAI M. – STINGLI A. – BOTTLIK L. (2007): Az alkalmazkodó művelés jelentősége a talaj- és klímavédelemben. „KLÍMA-21” Füzetek 51. sz. 34-47. pp. (4) EEA (2005): Corine land cover 2000 seamless vector database CLC2000. European Environment Agency. Copenhagen (5) ESNB (2005): Soil Atlas of Europe. European Soil Bureau Network European Commission, 128 p. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg (6) ESRI (2003): ArcMap (7) FARKAS, Cs. – RANDRIAMAMPANINA, R. – MAJERCKA, J. (2005): Modelling impacts of different climate change scenarios on soil water regime of a mollisol. *Cereal Research Communication*, 33: 185-188. pp. (8) HARNOS Zs. (2005): A klímaváltozás növénytermesztési hatásai. „AGRO-21” Füzetek 38. sz. 38-58. pp. (9) JOLÁNKAI M. – LÁNG I. – CSETE L. (2004): Hatások és alkalmazkodás. *Természet Világa* II. Különszám 16-18. pp. (10) JOLÁNKAI M. – SZENTPÉTERI Zs. – SZÖLLÖSI G. (2003): Az évjárat hatása az őszi búza termésére és minőségére. „AGRO-21” Füzetek 31. sz. 74-82. pp. (11) KAKAS J. (1989): Éghajlati területi típusok. In: Magyarország nemzeti atlasza. Akadémiai Kiadó. Budapest (12) KERTÉSZ Á. (2001): A globális klímaváltozás természetföldrajza. Holnap Kiadó, Budapest. 144 p. (13) KSH (1960-2005): Megyei Mezőgazdasági Évkönyvek (14) LÁNG I. (2004): Klímaváltozás és mezőgazdasági szabályozás. *Természet világa* II. Különszám, 2-4. pp. (15) LÁNG I. – CSETE L. – HARNOS Zs. (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 256 p. (16) SPSS (2004): SPSS 13.0 (17) SZÁSZ G. (2005): Az éghajlat változékonysága és a szántóföldi növények termésingadozása. „AGRO-21” Füzetek 38. sz. 59-77. pp. (18) SZÖLLÖSI G. – UJJ A. – SZENTPÉTERI Zs. – JOLÁNKAI M. (2004): A szántóföldi növénytermelés néhány agroökológiai aspektusa. „AGRO-21” Füzetek 37. sz. 89-96. pp. (19) VARGA-HASZONITS Z. (2003): Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásainak elemzése, éghajlati scénáriók. „AGRO-21” Füzetek 31. sz. 9-28. pp. (20) VÁRALLYAY, Gy. (1982): Methodology for large scale mapping of the water regimes of soils and the influencing properties. *Hung. Acad. Sci. Res. Inst. Soil Sci Agric. Chem.*, Budapest (21) VÁRALLYAY Gy. (2004): Talaj az agroökoszisztémák alapeleme. „AGRO-21” Füzetek 37. sz. 33-49. pp. (22) VÁRALLYAY, Gy. (2005): Soil Survey and Soil Monitoring in Hungary. In: *Soil Resources of Europe, second edition*. R.J.A. Jones, B. Houšková, P. Bullock and L. Montanarella (eds). European Soil Bureau Research Report No.9, EUR 20559 EN, (2005), 420pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 169-179. pp. (23) VÁRALLYAY, Gy. (2006): Soil degradation processes and extreme soil moisture regime as environmental problems in the Carpathian Basin. *Agrokémia és Talajtan*. 55. (1-2) 9-18. pp.

# A KLÍMAJELZŐ FAFAJÚ ÁLLOMÁNYOK SZÉNKÉSZLETE

FÜHRER ERNŐ – JAGODICS ANIKÓ

**Kulcsszavak:** erdészeti klímakategóriák, erdészeti szárazsági mutató, termőképesség, dendromassza, szénkészlet.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Optimális ökológiai adottságok között tenyésző klímajelző bükkös, gyertyános-kocsányos tölgyes és cseres faállomány széngegyenértékben kifejezett szervesanyag-mennyisége oksági kapcsolatban áll a növekedést alapvetően meghatározó klímáparaméterekkel.

A föld feletti dendromassza fafajok közötti eltéréseit nagyobb részben a törzsek, kisebb részben pedig az ágszerkezet tömegei közötti különbségek adják. A bükkös faállomány föld feletti dendromasszájának széntömege összesen 243 t/ha, a gyertyános-kocsányos tölgyesben ez az érték 166 t/ha, a cseresben pedig 140 t/ha volt. A föld alatti dendromassza szénmennyisége a három ökoszisztémában közel azonos, a bükkösben 49 t/ha, a gyertyános-kocsányos tölgyesben és a cseresben pedig 51-51 t/ha.

A fő növekedési periódus (V-VII. hónapok) és a kritikus hónapok (VII-VIII.) időjárási körülményeit jellemző erdészeti szárazsági mutató (FAI) értékei (bükkös: 4,45; gyertyános-kocsányos tölgyes: 5,08; cseres: 5,50) és a vizsgált ökoszisztémák szervesanyag-tömege (bükkös: 292 t C/ha; gyertyános-kocsányos tölgyes: 217 t C/ha; cseres: 197 t C/ha) között szoros az összefüggés.

Az élő dendromasszáján kívüli kompartmentek (avar és humusz, talaj) szénkészlete a bükkösben 126 t/ha, gyertyános-kocsányos tölgyesben 96 t/ha, míg a cseresben 159 t/ha.

## BEVEZETÉS

A feltételezett klímaváltozás hatására Magyarország időjárási viszonyaira az eddigieknél melegebb és szárazabb körülmények várhatók.

A növekvő légköri és talajszárazság előidezőjeként elsősorban a csapadék mennyiségének, de főleg éven belüli eloszlásának módosulását jelölhetjük meg (*Láng – Csete – Jolánkai, 2007*). Mindez kihat a termőhely termőképességére, amely meghatározza nemcsak az erdők összetételét, hanem közvetve azok szervesanyag-képzését is. Az időjárási viszonyok kedvezőtlenebbé válása

befolyásolja a fafaj-megválasztást, az erdőfelújítás eredményességét, az erdőnevelés mikéntjét, a képződő szerves anyag mennyiségét, illetve minőségét, összességében tehát az erdőgazdálkodás jövedelmezőségét (*Führer – Járó, 1992*).

Az erdészeti termőhely-értékelésben alkalmazott klímakategóriák (bükkös, gyertyános-tölgyes, kocsánytalan tölgyes, ill. cseres, erdőssztyepp) eltérő termőképességűek. Az *Állami Erdészeti Szolgálat* 1996. évi adatai szerint bükkös klímában a klímát jelző bükkös faállományok átlagos élőfa-készlete (föld feletti dendromassza a vékony (< 5 cm) ágak és a levélzet nélkül) első fatermési

1. táblázat

## Első fatermési osztályú bükkösök és cseresek fatermési adatai

Állománytípus	Élőfa-készlet (m <sup>3</sup> /ha)		Átlagos növedék (m <sup>3</sup> /ha/év)	Folyónövedék kulminációs ideje (év)	Kulminációs időszak átlagos növedéke (m <sup>3</sup> /ha/év)
	átlagos	véghasználati			
bükkös	374	548	8,8	70	16,8
cseres	224	334	5,5	40	13,4

Forrás: ÁESZ, 1996

osztály (kiváló növekedés) esetében átlagosan 374 m<sup>3</sup>/ha, véghasználati élőfa-készlete 548 m<sup>3</sup>/ha, átlagos éves folyónövedéke pedig 8,8 m<sup>3</sup>/ha/év. A gyengébb termőképességű cseres klímában az első fatermési osztályú cseresek ugyanezen adatai csaknem 40%-kal kisebbek (1. táblázat).

Az erdők föld feletti szerves anyagának mennyiségi és minőségi mutatóit Magyarországon az 1950-es években kezdték mélyebben vizsgálni, azonban csak részeredmények születtek (*Gyarmatiné, 1978; Járó – Horváthné, 1959; Járó, 1979, 1990; Ujváriné – Járó – Ujvári, 2001*). A klímaadottságok és a szervesanyag-képzés közötti összefüggések fontosságára a klímaváltozás irányította a kutatók figyelmét.

Az NKFP 3/B/0012/2002 számú, „Erdő-Klíma” kutatási programban arra kerestük a választ, hogy Magyarországon egy optimális ökológiai körülmények között tenyésző bükkös, gyertyános-kocsányos tölgyes és cseres mekkora átlagos szervesanyag-mennyiséggel jellemezhető, és ezen belül mekkora az egyes kompartmentek (levélzet, ágak, kéreg, törzs, gyökérzet) szénkészlete (*Führer – Jagodics, 2007*).

A mért adatoknak a klíma erdészeti szempontból meghatározó paramétereivel való összevetése lehetőséget ad a klímaváltozás szervesanyag-képzésre, közvetve az erdőgazdálkodásra gyakorolt hatásának előrejelzésére és becslésére (NKFP6-00047/2005 pályázat) (*Führer, 2007, 2008*).

ALKALMAZOTT MÓDSZEREK  
ÉS VIZSGÁLATI ANYAG

## A vizsgált faállományok kiválasztása

Feltételezésünk szerint – hasonló talaj- és hidrológiai adottságok mellett – az időjárási viszonyok határozzák meg alapvetően az ökoszisztémák éves szervesanyag-képzését. Ezért három, egymástól markánsan eltérő klímakategóriában, a bükkös, a gyertyános-tölgyes és a cseres klímában jelöltük ki a vizsgálandó faállományokat. Az egyes területek származtatott hőmérséklet- és csapadékadatokkal egzakt módon jellemezhetők és egymástól elkülöníthetők.

A terület kiválasztásában ugyancsak fontos volt, hogy a kísérleti faállományok éves növekedése a folyónövedék kulminációs szakaszába essék, vagyis amikor a szervesanyag-képzés a legintenzívebb, illetve a termőerő-hasznosítás a legnagyobb. Ekkor a termőhely termőképességét mind a tápanyagok, mind pedig a víz tekintetében, szinte kizárólag a faállomány hasznosítja. A területeken növekedést korlátozó termőhelyi tényező sem hidrológiai, sem talajtani szempontból nem áll fenn.

Az említett feltételeknek megfelelő egyik régió a Bakony, ahol a klímaosztályok jól elkülöníthetők. Itt helyezkedik el a kiválasztott *bükkös (Somhegy)* és *cseres (Veszprém)* ökoszisztéma. A vizsgált *gyertyános-kocsányos tölgyes* állomány pedig *Sárvár* közelében található.



## 2. táblázat

## A kísérleti állományok fatermési jellemzői

Állományok	Kor (év)	H <sub>g</sub> (m)	D <sub>g</sub> (cm)	N (db/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)
bükkös	70	31,1	28,9	660	43,3	740,2
kocsányos tölgy	52	22,9	25,0	550	27,0	357,4
gyertyán	52	17,2	11,6	940	9,9	92,0
cseres	51	21,1	24,3	823	35,5	400,4

Magyarázat: H<sub>g</sub> – átlagos magasság; D<sub>g</sub> – átlagos átmérő; N – törzsszám; G – körlapösszeg; V – élőfa-készlet

A kiválasztott *bükkös* ökoszisztéma a Dunántúli-középhegység erdőgazdasági tájcsoporth Magas-Bakony erdőgazdasági tájában, Bakonybél község határ 13C erdőrészletében található. Fekvése sík, plató helyzetű, tengerszint feletti magassága 460 m. Erdészeti ökológiai viszonyaira a többletvízhatástól független hidrológiájú, mély termőrétegű, agyagos vályog talajfizikai féleségű agyagbemosódásos barna erdőtalaj a jellemző. Az állomány kora 70 év, I. fatermési osztályú, minőségi fatermelésre alkalmas.

A *gyertyános-kocsányos tölgyes* ökoszisztéma a Nyugat-Dunántúl erdőgazdasági tájcsoporth Vas-Zalai hegyhát erdőgazdasági tájában, a Farkaserdő nevű erdőtömbben található a Bejegygyertyános 5A erdőrészletben. Fekvése sík, tengerszint feletti magassága 180 m. Erdészeti-ökológiai viszonyait többletvízhatástól független hidrológiájú, mély termőrétegű, agyagos vályog talajfizikai féleségű agyagbemosódásos barna erdőtalaj jellemzi. Az állomány kora 52 év, I. fatermési osztályú, minőségi fatermelésre alkalmas.

A *cseres* ökoszisztéma a Dunántúli-középhegység erdőgazdasági tájcsoporthban, a Bakonyalja erdőgazdasági táj Veszprém-Szabadságpuszta község határ 78C erdőrészletében, a veszprémi fennsíkon található. Fekvése sík, tengerszint feletti magassága körülbelül 240 m. Erdészeti-ökológiai viszonyaira a többletvízhatástól független hidrológiájú, mély termőrétegű, főleg vályog talajfizikai féleségű barnaföld jellemző. Az állomány kora 51 év, I. fatermési osztályú, minőségi fatermelésre alkalmas.

## Állományszerkezeti felvételezés

Mindhárom ökoszisztémában egy-egy 1000 négyzetméteres felvételi parcellát tűztünk ki, ahol valamennyi törzs átmérőjét és magasságát megmértük, kiszámítottuk a faállományok átlagos átmérő- és magasságadatait, valamint körlapösszegét és élőfa-készletét (2. táblázat).

A törzsszám szerinti elegyarány a 3 faállományban a következőképpen alakult.

– A bükkös ökoszisztémában 1 ha-on összesen 650 db (98%) bükk (*Fagus sylvatica*) mint főfafaj, és 10 db (2%) hegyi szil (*Ulmus glabra*) mint elegyfaj található.

– A gyertyános-tölgyes ökoszisztémában hektáronként 520 db (35%) kocsányos tölgy (*Quercus robur*) mint főfafaj, 30 db madár-cseresznye (*Cerasus avium*) (2%) mint kísérő fafaj, a második koronaszintben 920 db gyertyán (*Carpinus betulus*) (62%) és 20 db bükk (1%) található elegyfajként.

– A cseres ökoszisztémában 1 hektáron 767 db (93%) cser (*Quercus cerris*) mint főfafaj, a második koronaszintben összesen 56 db (7%) barkócaberkenye (*Sorbus torminalis*) és mezei juhar (*Acer campestre*) mint elegyfaj található.

## A szervesanyag-mennyiség meghatározása

A faállományok szerves anyagát – figyelembe véve azt, hogy a szervesanyag-képződés időben lejátszódó folyamat – négy csoportba soroltuk:

- a) Föld feletti szerves anyag
  - lombozat (levél stb.)
  - törzsfá és ágak
- b) Föld alatti szerves anyag
  - tuskó és gyökfő (gyökérfa)
  - gyökérzet
- c) Avar- és humuszsztint szerves anyaga
- d) Talaj szerves anyaga

Minden felvételi parcellában a fatermési és állománszerkezeti viszonyokat figyelembe véve méretcsoportonként, azaz két átlagos átmérőjű és magasságú, valamint egy afölötti és egy az alatti törzset jelöltünk ki, melyek egymáshoz közel, egy csoportban álltak. Ezt követően a szervesanyag-képzés befejeződését követő ún. fenntartási időszak elején (augusztus) ledöntöttük a kiválasztott törzseket, és az egyes kompartmenteknek megfelelően a terepi méréseket elvégeztük.

*A lombozat mennyiségének meghatározása.* A ledöntött törzsek lombját leválasztottuk, majd élőnedves állapotban lemértük. A leválasztott lombozathoz átlagmintát vettünk, ugyancsak lemértük, majd laboratóriumban meghatároztuk ennek abszolút száraz tömegét (ez a minta képezte a kémiai összetétel-vizsgálat alapját). Az átlagminta adataival a kidöntött fák teljes lombozatának (levél, termés stb.) mennyiségi meghatározását elvégeztük. Ezt követően a mintafák lombozattömegét a méretcsoportok szerint átszámítottuk 1 hektárra.

*A törzsfá és az ágak tömegének meghatározása.* A törzs (fa és kéreg) és a nagyobb ágak tömegének meghatározása a gyakorlatban alkalmazott átmérőcsoportoknak (6, 8, 10, 12 cm) megfelelően a csúcstól mért darabolással történt (1. ábra), míg a 12 cm-nél vastagabb törzsrészt 2 m-es darabokra vág-

tuk. Minden egyes darabot lemértünk. Ezt követően az ágakból (élő és száraz) átlagmintát, a törzsből pedig a darabolási helyeken mintakorongot vettünk az abszolút száraz tömeg megállapításához, valamint a laborkémiai vizsgálatokhoz.

*A gyökérzet tömegének meghatározása és talajfeltárás.* A kísérleti állományokban kiválasztott négy szomszédos, átlagos törzstávolságban lévő fa között a töveket érintő, kb. 1 m széles futóárkot ásunk. A futóárkok a termőrétegnél 10-20 cm-rel mélyebbek, kísérletünk során 1,5 m-es mélységűek voltak.

A futóárk falából Járó (1995) módszerével, az erre a célra kialakított monolit mintavevő lapáttal vízszintesen az egyik fától kiindulva folyamatosan, a második, illetve harmadik és negyedik fáig 1 dm<sup>3</sup>-es talajmonolitokat vettünk ki. Majd a monolitos mintavételt függőlegesen folytattuk, 1,5 m-ig, amíg gyökereket találtunk. A teljes szelvényfal megmintázása után ezt a műveletsort még egyszer elvégeztük (2. ábra).

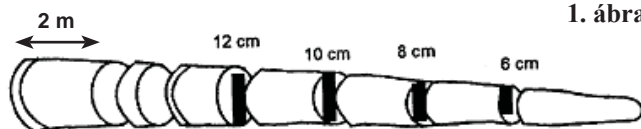
A szelvényfalról térképet készítettünk a monolitok számaival. A folyamatosan számozott talajmonolitokból a gyökereket kiválogattuk és vastagság szerint osztályoztuk. A szétválogatott gyökereknek megállapítottuk az abszolút száraz tömegét, majd a kémiai összetétel laboratóriumi vizsgálatához átlagmintákat vettünk méretcsoportonként.

A gyökerek és a vázrész kiválogatása után a talajból kivett mintákat lemértük, majd meghatároztuk a szárazanyag tömegét, ezt követte a szénkoncentrációk laboratóriumi meghatározása.

*A tuskó és gyökfő tömegének meghatározása.* A talajmonolitok kivétele után a tuskót és a gyökfőt kiemeltük, a talajtól megtisztítottuk, élőnedves állapotban lemértük. Ezt

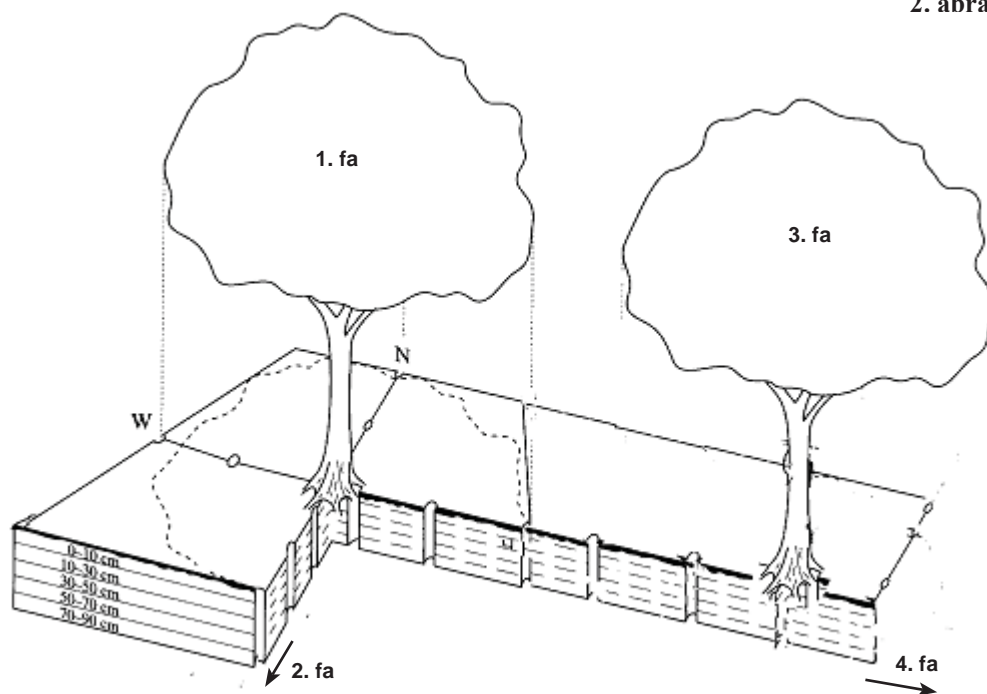
követően átlagmintát vettünk az abszolút száraz tömeg meghatározásához, valamint a kémiai összetétel laboratóriumi megállapításához.

*Az avar és humusz mennyiségének meghatározása.* A fák elhalt levelei és ágai, valamint



**1. ábra**  
A törzs szervesanyag-tömegének meghatározása a csúcstól kiindulva

## 2. ábra



A gyökérzet és a talaj feltárásának sematikus bemutatása

egyéb részei évente a talajra hullva képezik az avartakarót. Az ebből képződő humusz az erdő életének fontos alkotóeleme és az erdőtalaj termékenységének forrása. Mennyisége az erdei ökoszisztéma összes szerves anyagán belül nem elhanyagolható nagyságú, meghatározása ezért elengedhetetlen.

A vizsgált ökoszisztémákban kijelölt parcellák területén véletlenszerűen kijelölt 10 ponton avar- és humuszmintákat vettünk egy 50×50 cm-es keret segítségével, a kivett mintákat az alábbi szempontok szerint különítettük el

- bomlatlan avar: a növényi részek (levél, termés stb.) még teljesen egyben vannak;

- bomló avar: a növényi részek már dezintegrálódtak, de még eredeti szerkezetük felismerhető;

- egyéb: intenzíven bomló, túlnyomórészt finom anyagokat tartalmazó szerves anyag, az eredeti szerkezet nem ismerhető fel;

- humusz: az avartakaró alatti humuszos ásványi talaj 0-5 cm-es rétege.

A laboratóriumba szállítást követően megtörtént a felismerhető kompartmentek szétválogatása a bomlatlan és bomló avar esetében, majd elvégeztük a légszáraz állapotú minták tömegmérését. Abszolút száraz állapotig történő kiszárítás után mértük a minták abszolút száraz tömegét, ezután került sor a minták kémiai összetételének vizsgálatára.

*A cserjeszint tömegének meghatározása a cseres faállományban.* A cseres faállományban meglévő cserjeszint felvételére a parcellán belüli 10×10 m-es mintaterületen került sor. A levélzet és ágak tömegét fajtánként megmértük, majd mintavétel után meghatároztuk a légszáraz és az abszolút száraz tömeget, és laboratóriumi vizsgálatokkal a szénkoncentrációkat. Az eredményeket 1 ha-ra számítottuk mind a szerves anyag, mind a szénmennyiség tekintetében, és a megfelelő



kompartimentnél (lombozat, ágak) figyelembe vettük. A cserjegyökereket nem különítettük el az állományban történt gyökérfeltárásnál, illetve -mérésnél, tehát ezek szerves anyagát és szénmennyiségét a cseres állományra vonatkozó eredmények magukban foglalják.

### A szénkoncentráció meghatározása

Az egyes kompartimentekből vett átlagmintákat (levél, ág, kéreg, törzs stb.) laboratóriumban C-N-S elemanalizátorral (1000 °C-on égetéses eljárás) feltártuk. Az abszolút száraz mintára szárazanyagra vonatkoztatott koncentrációk és a kis minták mennyiségi adatai segítségével a mérési eredményeket a kompartimentek összes tömegére átszámítottuk, és 1 hektárra vonatkoztatva értékeltük.

### Klímatényezők jellemzése

A három terület klímáját a fák növekedési szakaszainak megfelelő időszakok főbb meteorológiai adataival (csapadék, hőmérséklet) jellemeztük (Járó, 1989; Führer, 1994, 1995; Führer – Járó, 2000). Eszerint nyugalmi időszakot (XI–IV. hónapok), fő növekedési időszakot (V–VII. hónapok) és befejező növekedési időszakot (VIII–X. hónapok) különítettünk el. Külön elemeztük az ún. kritikus hónapokat (VII. és VIII. hónapok), amikor Magyarországon az igen magas hőmérséklet legtöbbször alacsony csapadékösszeggel párosul, azaz az aszály előfordulásának valószínűsége a legnagyobb. A fenti időszakokhoz tartozó csapadékösszeget és átlaghőmérsékleteket az 1951–2000-es időszak 50 éves átlagadataiból számítottuk a területekre modelladatok alapján.

Az évi csapadékösszeg 50 éves átlaga a bükkös ökoszisztémában a legnagyobb (779 mm), és közel egyforma a másik két ökoszisztéma körzetében (gyertyános-kocsányos tölgyes: 674 mm, cseres: 679 mm). A Führer – Járó (2000) szerinti fő növekedési időszak (V–VII. hónapok), valamint a kritikus hónapok (VII–VIII. hónapok) csapadékösszege

szintén a bükkösben a legnagyobb (249 mm és 165 mm), ezt követi a gyertyános-tölgyes (238 mm, ill. 153 mm), majd a cseres (216 mm és 139 mm) területén mérhető csapadékmennyiség.

A legmagasabb átlaghőmérséklet a gyertyános-kocsányos tölgyes állomány környékén tapasztalható. Itt az évi középhőmérséklet a vizsgált 50 év átlagában 10,0 °C, míg a cseresnél és a bükkösnél 9,6 °C, illetve 8,7 °C. A többi időszak (fő növekedési időszak, kritikus hónapok) átlaga is meghaladja a másik két területre jellemző értékeket. A kritikus hónapoknak tekintett július és augusztus átlaghőmérséklete a bükkösben 18,4 °C, a cseresben 19,5 °C, a gyertyános-kocsányos tölgyesben pedig 19,9 °C.

A kritikus hónapok és a fő növekedési időszak hőmérséklet- és csapadékadataiból Führer (2007, 2008) által képzett és alkalmazott erdészeti szárazsági mutató (FAI: forestry aridity index) értéke a bükkös ( $FAI_B: \leq 4,750$ ) területén a legalacsonyabb, 4,45, a gyertyános-tölgyes ( $FAI_{GY-T}: 4,751-6,000$ ) környékén 5,08, a cseres ökoszisztémában pedig 5,50. Az index nagyon jól mutatja, hogy a cseres a cseres klímánál ( $FAI_{KTT-CS}: 6,001-7,250$ ) kedvezőbb adottságú termőhelyen tenyészik.

## EREDMÉNYEK

### A föld feletti szerves anyag mennyisége

*A lombozat szerves anyaga.* Az 1 ha állományra vonatkoztatott levélzet-, illetve termésmennyiség a bükk esetében 2897 kg-nak, illetve 276 kg-nak adódott. Gyertyános-tölgyesben 4653 kg/ha levélzet és 70 kg/ha termés volt mérhető. A cser ugyanezen adatai pedig 3237 kg, illetve 649 kg hektáronként. A cser levéltömegét nagymértékben csökkentette az adott évi (2004) igen súlyos gypjaslepke-károsítás.

Amíg a bükknél a levelek mennyiségének 96%-a a koronában, 4%-a a törzstérben található, és a gyertyános-kocsányos tölgyesben is 99%-a helyezkedik el a koronaszintekben,

addig a csernél 19%-a a törzsön lévő fattyúhajtásokon fejlődött.

Az egyes fák termésmennyisége a levélzet tömegénél nagyobb szórást mutat. Értékei elsősorban a genetikai adottságoktól függenek. A termés mennyisége a kocsányos tölgyeknél a legkisebb és mintatörzsenként legenyeltesebb eloszlású, a gyertyánnál nem volt termés. A termés teljes mennyisége a koronában található, igazolva a fényviszonyok termésképződésre gyakorolt pozitív hatását.

A bükklombozat átlagos szénkoncentrációja az abszolút száraz tömeg 52,1%-a. Ettől nem sokban tér el a levelek átlagos szénkoncentrációja (52,3%), míg a termés szénkoncentrációja csekélyebb, átlagban 50,1%.

A gyertyános-kocsányos tölgyes állományban a levelek átlagos szénkoncentrációja 51,9%, a termése 51,3%. A gyertyán leveleiben a bükkhöz és a tölgyhöz viszonyítva magasabb a szénkoncentráció (53,8%).

A cseres parcellában a szén átlagos tömegszázaléka 53,6%, mind a levelek, mind pedig a termés átlagos szénkoncentrációja ezzel megegyező. Az egyéb fafajok esetében a szén tömegaránya 52,0%.

Az 1 ha állományra számítva a bükkös állomány lombozata 1,65 t szenet tartalmaz. Ugyanennyi képződött a kocsányos tölgy lombozatában, míg a gyertyán lombjában 0,83 t szén található hektáronként, így a gyertyános-kocsányos tölgyes állományban összesen 2,48 t/ha mennyiségű szén halmozódott fel.

A cseresben 2,08 t szén képződött a lombozatban 1 hektáron, ebből 1,85 tonna a cser lombozatára jut, 0,02 tonna az egyéb fafaj, és 0,21 t a cserjeszint lombozatának széntartalma. A cseres állomány lombozatának szénkészletében a levelek aránya 83% (1,73 t/ha), a termés aránya pedig 17% (0,35 t/ha).

*Az ágszerkezet szerves anyaga.* A bükkállomány ágszerkezetének abszolút száraz állapotú tömege 1 hektáron 107 tonna, 34-szer több, mint a levélzet tömege. A gyertyános-tölgyesben összesen 74,8 t hektáronkénti abszolút száraz ágtömeg adódott, amelyből 57,9 t a kocsányos tölgy és 16,9 t a gyertyán ágszerkezetében található. A cser ágszerkezete

hektáronként 38 t tömegű, az elegyfajoké 1,67 t, a cserjeszint ágszerkezete 2,11 tonnát tesz ki, így az állományban összesen 42,3 t/ha szervesanyag-képződéssel számolhatunk az ágszerkezet révén.

A bükk esetében a legnagyobb átlagos szénkoncentráció a 2-5 és 5-10 cm közötti ágaknál jelentkezik, 52,4%, illetve 52,1% mennyiségben. A legkisebb szénkoncentrációt a 10-15 (49,7%) és a 15-20 cm (49,5%) közötti vastagságú ágak tartalmazzák. A bükk ágszerkezetének átlagos szénkoncentrációja ennek megfelelően 50,9%.

A kocsányos tölgy átlagos szénkoncentrációja 51,0%, a gyertyánnál pedig 51,3%. A kocsányos tölgyben a 0-1 cm hajtásokban található a szén a legnagyobb koncentrációban (52,1%), a legkisebb fajlagos szénkoncentrációval (49,6%) a 15-20 cm vastag ágak rendelkeznek.

A mérések szerint a cser ágainak átlagos szénkoncentrációja a bükknél és a tölgnél is magasabb, 53,0%, és a legmagasabb szénkoncentráció (55,4%) a száraz ágakban jelentkezett. Az egyéb fafajok ágaiban a szén tömegszázaléka 52,1%, a cserjeszintben pedig 51,9%.

Az 1 ha bükkös állomány ágszerkezete 54,3 tonna szénkészlettel rendelkezik, a gyertyános-tölgyes ökoszisztéma ágtömegében 38,2 tonna szén raktározódik hektáronként, amelyből 29,6 tonna (77%) jut a kocsányos tölgyre és 8,65 tonna (23%) a gyertyánra. A cseres ágszerkezetében hektáronként összesen 22,3 t szén található, ebből 20,3 t halmozódott fel a cserek ágaiban, míg az elegyfajok ágaiban 0,87 tonna, a cserjeszintben pedig 1,10 tonna szénmennyiség tárolódott 1 hektáron. Az ágszerkezetet tekintve tehát a bükkös ökoszisztéma tárolja a legtöbb szenet, a cseresben ennek csak kevesebb mint a fele képződött.

*A törzs szerves anyaga.* Bükköt tekintve az ágtiszta törzsrész súlya átlagosan a törzs összsúlyának 81%-át teszi ki, a kocsányos-tölgy-törzseknek átlagosan 75%-a ágtiszta, míg a csernél ez az arány 86%.

A mérési adatok 1 ha állományra vonatkoztatott értéke bükkösben 371 tonna, melyből

299 t szerves anyag az ágtiszta törzsrészben halmozódott fel. A gyertyános-tölgyesben a kocsányostölgy-törzsek 189 tonnát tesznek ki 1 hektárra vetítve, míg a gyertyán 59,7 tonnát, az ökoszisztéma összes törzstömegét figyelembe véve így 249 t/ha szerves anyag adódik. Cseres ökoszisztémában 220 t a csertörzsek tömege hektáronként, ebből 189 t az ágtiszta törzsrész. Az egyéb fajok hektáronkénti törzstömege 2,08 t, így a cseres állományban összesen 222 t/ha szerves anyaggal számolhatunk a törzset tekintve.

Az abszolút száraz állapotú törzsek szénkoncentrációja hasonlóan alakul a bükknél (50,4%) és a kocsányos tölgnél (50,7%), illetve a gyertyánnál (50,1%). A csertörzs átlagosan 52,3%, míg az egyéb fajokot képviselő barkócaberkenye törzsrésze 52,6% szenet tartalmaz szárazanyagra vonatkoztatva.

A mért értékeket 1 ha állományra vonatkoztatva a bükknél 187 tonna tömegű szenet kapunk, melyből 151 t szén esik az ágtiszta törzsre. A gyertyános-tölgyesben a kocsányos tölgy törzsei 96,1 tonna (76%), a gyertyántörzsek pedig 29,9 tonna (24%) szenet adnak 1 hektárra vetítve, így az ökoszisztéma összes törzstömege 126 t/ha szénkészlettel rendelkezik. Cseresben összesen 116 t szén található a törzsekben hektáronként, amelynek 99%-át (115 t/ha) a csertörzsek teszik ki és 1%-át (1,10 t/ha) az egyéb fajok törzsrésze adja.

1 ha állományt tekintve összesen 481 tonna föld feletti szerves anyag képződött a bükkös kísérleti erdőben, ebből a lombozatra 3,2 t, az ágszerkezetre 107 t, míg a törzsre 371 t esik. A gyertyános tölgyes parcellán összesen 329 t a föld feletti szerves anyag tömege hektáronként. Ebből 251 tonnát tesz ki a kocsányos tölgy, melyből a lombozatra 3,2 t, az ágszerkezetre 58 t, a törzsre pedig 190 t jut. A gyertyán által képviselt hektáronkénti 78 t szerves anyagból 1,5 t található a lombozatban, 17 t az ágszerkezetben és 60 t a törzsben. A cseres területen 268 t szerves anyag képződött 1 hektáron, ebből 262 tonna a cser dendromassza-tömege, 3,8 tonna az egyéb faj és 2,5 t a cserjeszint, 3,9 tonnányi a lombozat, 42 t az ágszerkezet és 222 t a törzs.

*A föld feletti dendromassza szénkészlete.* Az 1 ha állományra számítva (3. ábra) 243 t szén van a bükkös parcella föld feletti szerves anyagában, a lombozatban ennek 1%-a, az ágakban 22%-a, míg a törzsben 77%-a található. A gyertyános-tölgyes kísérleti területen 166 t a föld feletti szénmennyiség hektáronként. Ebből 127 tonnát tesz ki a kocsányos tölgy, a gyertyán pedig 39 t/ha föld feletti széntömeget ad. Az egyes kompartmentek (levél, ág, törzs) szénkészletének megoszlása hasonló a bükkös ökoszisztémáéhoz. A cseresben 1 hektáron 141 t szén halmozódott fel hektáronként, melynek zömét a cser széntartalma adja, ami 137 t. A lombozat széntartalma az összes föld feletti dendromasszának csak 1%-át teszi ki, az ágszerkezet széntömege 16%-nyi, míg a többi (83%) a törzsekben található.

#### A föld alatti szerves anyag mennyisége

*A tuskó és gyökfő (gyökérfa) szerves anyaga.* Az 1 ha állományra átszámítva a tuskó és a gyökfő súlya bükknél 40,0 t. A kocsányos tölgnél hasonló mennyiségű, 39,5 t, a gyertyánnál pedig 10,7 t található, ez összesen 50,2 tonnát jelent hektáronként. A nagyobb törzsszám ellenére a cseresben a tuskó és gyökfő tömege kevesebb a fák kisebb mérete miatt, 27,1 t a csernél, az egyéb fajoké pedig 0,65 t/ha, így a cseresben összesen 27,8 t/ha a tuskó és gyökfő tömege.

A tuskó és a gyökfőben található szén tömege 1 ha állományra számítva bükknél 20,1 t. A kocsányos tölgy tuskójában, illetve gyökfőjében hasonló a szén mennyisége, 19,7 t/ha, a gyertyánnál a kisebb méretű tuskók miatt csak 5,31 t/ha szén található, így a gyertyános-tölgyesben összesen 25,0 tonna a tuskó és gyökfő szénmennyisége hektáronként. A cseresben a fák kisebb méreteinél fogva kevesebb ezen kompartment széntartalma, összesen 14,5 t hektáronként, a cser ebből 14,2 tonnát, az egyéb fajok 0,34 tonnát tesznek ki. Az abszolút száraz tömeg százalékában megadott szénkoncentráció a tuskónál a föld feletti kompartmentekhez

hasonlóan alakult, bükkösben 50,2%, gyertyános-tölgyesben 50,0% és cseresben 52,4%.

A gyökérzet szerves anyaga. Bükkösben 1 ha-on 72,8 t a gyökérzet abszolút száraz tömege. A legnagyobb mennyiség a 20-50 mm-es (26%), a 0-2 mm-es (24%) és az 5-20 mm-es (24%) átmérőtartományba esik, a legalacsonyabb pedig a 2-5 mm-es tartományba (9%). Gyertyános-tölgyesben 64,6 t gyökérzet képződött 1 ha-on. A legtöbb gyökér a 20-50 mm-es (36%)

és az 5-20 mm-es (26%) átmérőtartományba esik. Legkisebb a 2-5 mm-es (9%), valamint az 50 mm-nél vastagabb gyökerek (12%) tömegaránya. A cseres ökoszisztémában az 1 ha-on fejlődött gyökérzet tömege 92,5 t, mintegy 27%-kal több, mint a bükkösben. Itt a legnagyobb súlyarányt (35%) az 50 mm-nél vastagabb gyökerek képviselik, ezt követi az 5-20 mm-es (23%) tartomány, majd a 20-50 mm-es (21%), a 0-2 mm-es (15%) és végül a 2-5 mm-es vastagsági tartományba eső gyökerek mennyisége (6%).

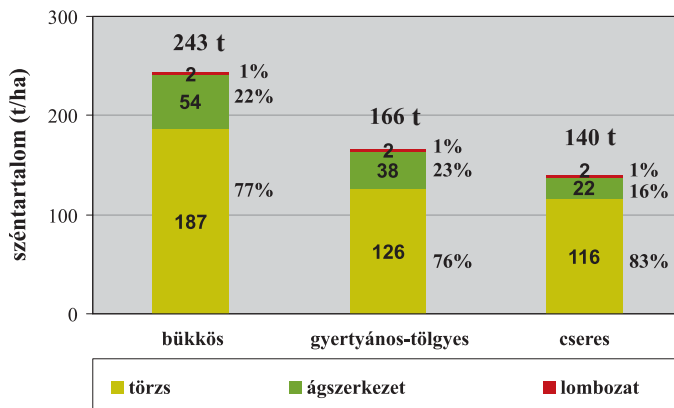
Bükkösben 29,1 t szén található a gyökérzetben 1 ha-on, a gyertyános-tölgyes állományban összesen 25,5 t, míg a cseresben 36,1 t a gyökérzetben tárolt szén tömege.

A gyökérzetben a föld feletti dendromasszához képest kisebb az átlagos szénkoncentráció mindhárom ökoszisztémában: a bükkösben átlagosan 40,0%, a gyertyános-tölgyesben 39,5%, a cseresben pedig 39,3%.

### A dendromassza szénkészlete

Az 1 ha bükkállományra számítva összesen 292 t szén található a dendromasszában, ebből a lombozatra 1,7 t, az ágszerkezetre 54 t, a törzsre 187 t, a tuskó-gyökfőre 20 t/ha, valamint a gyökérzetre 29 t/ha esik. A gyer-

3. ábra



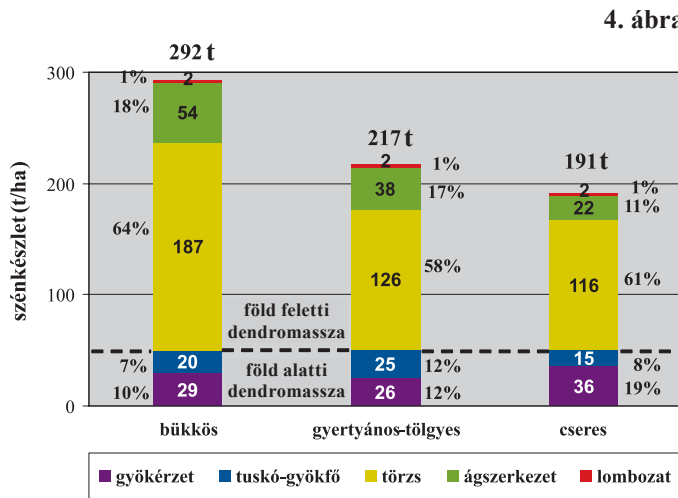
A föld feletti szerves anyag szénkészlete a vizsgált faállományokban

tyános-tölgyes állományban 1 hektáron 217 t szén található az abszolút száraz állapotú szerves anyagban, amelyből a lombozat 2,5 t, az ágszerkezet 38 t, a törzs 126 t, a tuskó és gyökfő 25 t és a gyökérzet 25,5 t szenet tárol. A cseres állomány dendromasszájában 1 hektáron 191 t tömegű szénmennyiséget állapítottunk meg. Ebből a lombozatra 2,1 t, az ágszerkezetre 22 t, a törzsre 116 t, a tuskó és gyökfő tömegére 14,5 t, a gyökérzetre pedig 36 t szén jut (4. ábra).

### Az avar- és humuszszint szerves anyaga

A bükkös állományban 1 hektáron összesen 96,7 t avar- és humuszos réteg halmozódott fel. Ebből 8,44 tonna (9%) a bomlatlan avar, 6,72 t (7%) a bomló avar, 13,3 t (14%) az egyéb, már nem felismerhető szerves anyag mennyisége, és legnagyobb tömegű a humuszos réteg, 68,3 t, ami az avar- és humuszszint 71%-át teszi ki.

A gyertyános-kocsányos tölgyes állomány avarszintjében 121 t tömegű szerves anyag található egy hektárra vonatkoztatva. A bomlatlan és bomló avartakaró hasonló mennyiségű, a teljes tömeg 4-4%-át adják, az egyéb bomló szerves anyag pedig 5%-át.



**A dendromassza szénkészlete a vizsgált állományokban**

A bomlatlan avar aránya kevesebb mint fele a bukknél tapasztaltnak, az egyéb szerves anyag pedig a bukkesben mértnél jelentősen kevesebb. A humusréteg tömege 106 t, amely a három ökoszisztémát összevetve a legnagyobb tömegarányt (87%) képviseli.

A cseresben hektáronként összesen 140 t avar és humusz képződött. Itt is viszonylag nagy a bomlatlan avar (8%) és az egyéb elhalt szerves anyag (13%) tömegaránya, a bomló avartakaró viszont nem éri el az avar- és humuszsint tömegének 3%-át. A humusréteg szerves anyaga 107 t (77%) tömeget képvisel ebben a kompartmentben.

1 hektáron összesen 11,2 tonnát tesz ki a bukkes avar- és humuszsintjében felhalmozódott szén mennyisége (3. táblázat). Ebből 3,81 tonnát a bomlatlan avar, 2,11 tonnát a bomló avar, 1,70 tonnát az egyéb szerves anyag mennyisége, és 3,55 tonnát a humusz tesz ki. Az átlagos szénszázalék 11,6%, a bomlatlan részekben nagyobb, 45% körüli, a bomló szerves anyagban már jóval kisebb, a humuszban már csak 5,20%.

A gyertyános-tölgyes állományban az avar- és humusztakaró szénkészlete 1 hektárra számítva 11,3 t (3. táblázat). A bomlatlan avarban 2,66 t, a bomló avarban 1,98 t, az egyéb szerves anyagban 1,43 t, a humuszban pedig 5,23 t szén található. Az eltérő szénkoncentrációk miatt a megoszlás itt is különbözik az abszolút száraz tömeg szerinti megoszlástól. Itt a humusz a legjelentősebb széntároló. A bomlatlan (53,2%) és a bomló avar (40,9%) is magasabb szénkoncentrációval rendelkezik, mint a bukkesben, míg a humusz szénkoncentrációja kisebb (4,96%). A másik két ökoszisztémához képest az egyéb frakció szénkoncentrációja (26,2%) magasabb.

A cseresben hektáronként 17,3 t szén képződött az avar- és humuszsintben (3. táblázat). Itt is viszonylag nagy a bomlatlan avar széntömege (5,10 t/ha) és aránya (30%). A bomló avartakaró viszont nem éri el az avar- és humuszsint széntartalmának a 9%-át. Az egyéb alkotórészek széntömege 2,57 t hektáronként, a humusréteg szerves anyagában viszont 8,19 t/ha szén tárol, ami az egész kompartment széntartalmának 47%-át teszi ki. A bomlatlan avar

**3. táblázat**

**Az 1 ha állomány föld alatti szénkészlete és átlagos szénkoncentrációja**

Szénkészlet abszolút és relatív mennyisége	Bukkös		Gyertyános-tölgyes		Cseres	
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
Avar- és humuszsint	11,2	11,60	11,3	9,35	17,3	12,30
Talaj	114,5	0,50	84,4	0,35	142,1	0,63
Összesen	125,7		95,7		159,4	

szárazanyagra vonatkoztatott átlagos szénkoncentrációja 46,9%, a bomló avaré 39,0%. A humuszra a bükkössel és gyertyános-kocsányos tölgyessel összevetve magasabb, 7,62%-os szénkoncentráció jellemző.

### A talaj szénkészlete

A talajban található szénkészlet nagyságát talajmélységek szerint számítottuk 1 hektárra. A 3. táblázatban a vizsgált talajmélységig (150 cm) összesítve láthatók az eredmények.

A bükkös talajában 1 hektáron összesen 114 tonna szén mérhető.

A gyertyános-tölgyes állományban kevesebb, 84 t/ha a talaj szénmennyisége. A cseres ökoszisztémában viszont hektáronként 142 tonna a széntömeg. A talaj szénkészlete a földfelszíntől lefelé haladva fokozatosan csökken mindhárom ökoszisztémában.

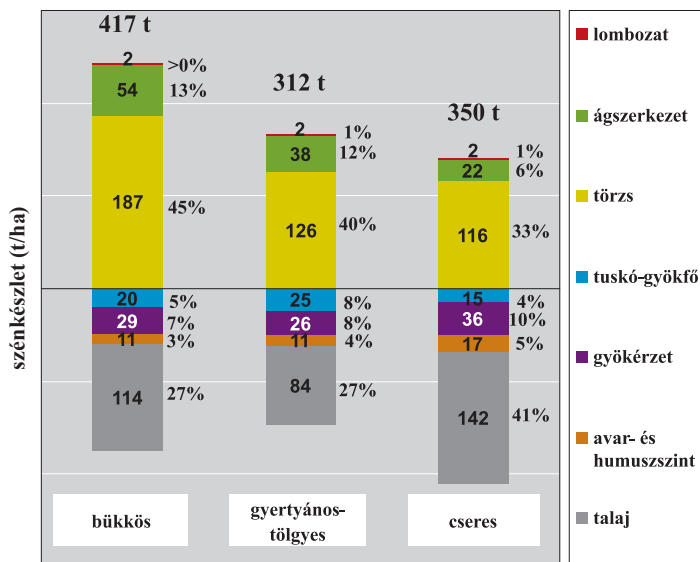
### A faállományok összes szénkészlete

A három faállományra vonatkozóan a következők állapíthatók meg (5. ábra).

A bükkös parcellán a mért és számított adatokat összesítve és 1 hektárra vonatkoztatva 417 t a szénkészlet. Ennek a lombzat még 1%-át sem teszi ki, az ágszerkezet 13%-át, a törzs pedig 45%-át adja. A föld alatti kompartmentek a következőképpen alakulnak: a tuskó és gyökfő 5%-a, a gyökérzet 7%-a, az avar- és humuszsztint szénkészlete 3%-a, a talajé pedig 27%-a az összes szénmennyiségnek.

A gyertyános-tölgyes hektáronkénti szénmennyisége 312 t. A lombzatra ennek 1%-a, az ágszerkezetre 12%-a, a törzsre 40%-a, a tuskó-, illetve gyökfőre, valamint a gyö-

5. ábra



A vizsgált faállományok szénkészlete kompartmentek szerint

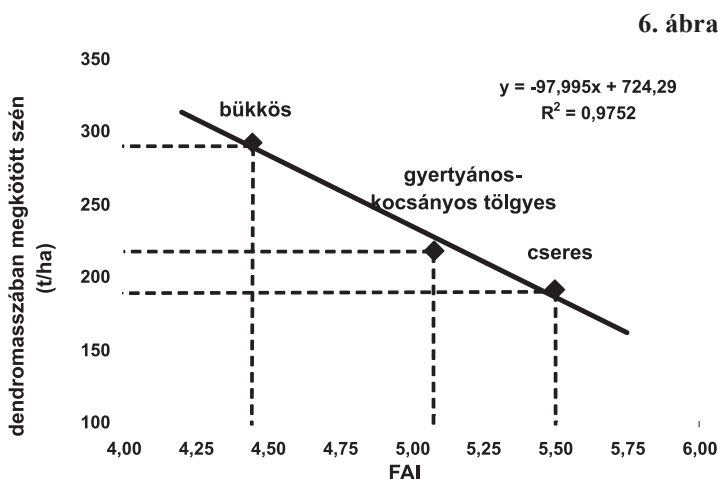
kérzetre 8-8%-a, az avar- és humusrétegre 4%-a, a talajra pedig szintén 27%-a jut.

A cseres ökoszisztémában összesen 350 tonna szén halmozódott fel hektáronként. A lombzat szénmennyisége ebből 1%, az ágszerkezeté (6%) kevesebb, mint a bükkösben és gyertyános-tölgyesben, a törzsé (33%) szintén a legkisebb arányú a három ökoszisztéma között. A tuskó és gyökfő széntömege az összesnek 4%-át teszi ki, a gyökérzet viszont nagyobb arányt képvisel az előző két állománynál, 10%-ot. Az avar- és humusz-kompartiment szénkészlete 5%, míg a talajban található az összes szénkészlet legnagyobb hányada, 41%. Ezzel szemben a bükkösben és gyertyános-tölgyesben a törzs széntartalma a legnagyobb részarányú.

### MEGVITATÁS

A kutatási eredmények, tekintettel a változatos természetföldrajzi viszonyokra és az eltérő vizsgálati célkitűzésekre, más mérési





A vizsgált állományok dendromasszájában megkötött szén és a FAI összefüggése

adatokkal nehezen vehetők össze. Az összefüggés-elemzésekre építve azonban a következő konklúziók tehetők:

– A klímahatást mutató ökológiai termőképesség bükkös faállományban – egy kiváló növekedésű bükkös szervesanyag-képzésének példáján bemutatva – nagyobb, mint a gyertyános-tölgyesben, illetve a cseresben.

– A föld feletti dendromassza fafajok közötti eltéréseit nagyobb részben a törzsek tömegei, kisebb részben pedig az ágszerkezet tömegei közötti különbségek adják (3. ábra).

– Az azonos mélységű és szerkezeti adottságú termőréteget a gyökérzet teljes mértékben behálózza. Ennek megfelelően a föld alatti

dendromassza tömege a három ökoszisztémában csaknem egyforma.

– A jobb ökológiai, azaz kedvezőbb klímadottságú bükkösben a föld feletti és a föld alatti dendromassza szénkészletének aránya 4,96, a gyengébb klímadottságú területeken pedig kisebb. A gyertyános-tölgyesben 3,25, cseresben pedig már csak 2,75.

– Az átlagos évi, vagy tenyészidőszakonkénti csapadék-, illetve hőmérsékletadatokkal a mért szervesanyag-

mennyiségek általában nem, vagy oksági-  
lag nem megmagyarázható összefüggést mutatnak. A fő növekedési időszak (V–VII. hónapok) és a kritikus hónapok (VII–VIII.) csapadékösszegéből és a kritikus hónapok (VII–VIII.) hőmérsékletéből képzett erdészeti szárazsági mutató értéke viszont szoros összefüggésben áll a dendromasszában megkötött szén mennyiségével (6. ábra).

– Az erdő avar- és humuszszintjében, de főleg talajában jelentős mennyiségű szerves szén tárolódik, melynek nagysága kisebb mértékben függ a fafajtól, azt elsősorban a talaj tulajdonságai határozzák meg.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ÁLLAMI ERDÉSZETI SZOLGÁLAT (1996): Magyarország erdőállományai, 1996. (2) FÜHRER E. (1994): Csapadékmérések bükkös-, kocsánytalan tölgyes és lucfenyves ökoszisztémában. Erdészeti Kutatások. VOL. 84: 11-35. pp. (1) FÜHRER E. (1995): Az időjárás hatása az erdők fatermő képességére és egészségi állapotára. Erdészeti Lapok. 130: 176-178. pp. (3) FÜHRER E. (2007): A klímajellemzők változékonyságával összefüggő átlagos termőképesség meghatározása klímajellemző (v. főbb állományalkotó) fafajok vonatkozásában. Kutatási jelentés (NKFP6-00047/2005). (4) FÜHRER E. (2008): Erdőgazdaság. In: Harnos Zs. – Gaál M. – Hufnagel L. (szerk.): Klímaváltozásról mindenkinek. Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Matematikai és Informatikai Tanszék, Budapest. 90-102. pp. (5) FÜHRER E.

– JAGODICS A. (2007): A klímajelzők és a klímajelző fajok szervesanyag-képzése közötti ökológiai összefüggés. In: Mátyás Cs. – Vig P. (szerk.): Erdő és klíma V. NYME, Sopron, 269-280. pp. (6) FÜHRER E. – JÁRÓ Z. (1992): Auswirkungen der Klimaänderung auf die Waldbestände Ungarns. Österreichische Forstzeitung, 9. 25-27. pp. (7) FÜHRER E. – JÁRÓ Z. (2000): Az aszály és a belvíz érvényesülése a Nagyalföld erdőművelésében I. Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai 12., Budapest, 144 p. (8) GYARMATINÉ PROSZT S. (1978): A trágyázás. In: Keresztesi B. – Solymos R.: A fenyők termesztése és a fenyőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest (9) JÁRÓ Z. (1979): A kultúrerdők ökoszisztéma-vizsgálata. MTA Veszprémi Akadémiai Bizottság. Monográfia. V. évf. 1. sz. (10) JÁRÓ Z. (1989): Az erdő vízforgalma. Az Erdő. 38: 352-355. pp. (11) JÁRÓ Z. (1990): A bükkösök szerves- és tápanyagforgalma. Erdészeti Kutatások VOL. 80-81. 83-98. pp. (12) JÁRÓ Z. (1995): A legfontosabb magyarországi természetszerű, származék és kultúr erdőtársulások évi szervesanyagképzése. 1385 számú OTKA pályázat (13) JÁRÓ Z. – HORVÁTH E.-NÉ (1959): Tápanyag-körforgalom a magyar erdő egyes típusaiban. Erdészeti Kutatások 6. 1-2. sz. (14) LÁNG I. – CSETE L. – JOLÁNKAI M. (szerk.) (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó, Budapest, 122. p. (15) UJVÁRINÉ JÁRMAY É. – JÁRÓ Z. – UJVÁRI F. (2001): A biomasz mennyisége, megoszlása és változatossága a nemzetközi lucfenyő származási kísérletben (IUFRO 1964/68). Erdészeti Kutatások VOL. 90. 49-64. pp.



## SZÉLSŐSÉGESEBBÉ VÁLNAK SZÁRAZ NYARAINK A 21. SZÁZADBAN?

GÁLOS BORBÁLA – PHILIP LORENZ – DANIELA JACOB

**Kulcsszavak:** száraz évek és nyarak, periódusok, emisszió, szélsőségek.

### ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A száraz évek és száraz nyarak valószínűségének és szélsőségeségének várható alakulását a REMO regionális klímamodell segítségével vizsgáltuk. A száraz éveket és száraz nyarakat az éves és nyári hőmérsékletátlagok, valamint csapadékösszegek 1961-90-es klímaperiódustól való eltérései alapján definiáltuk. A tendenciát 1951-2100-ig, 50 éves időszakokra állapítottuk meg, a 21. századra három különböző IPCC-SRES kibocsátási forgatókönyvön (B1, A1B, A2) alapuló modellfuttatás eredményeit hasonlítottuk össze.

Az elemzések alapján megállapítható, hogy:

- A 21. század első felében a száraz évek és száraz nyarak magasabb hőmérsékletértékekkel jellemezhetőek, de valószínűségük várhatóan nem növekszik.

- A 21. század második felében mindhárom kibocsátási forgatókönyv esetén szignifikánsan megnőhet a száraz évek és a száraz nyarak száma, ezzel együtt szélsőségesebbé (szárazabbá és melegebbé) is válhatnak a 20. század második felének száraz eseményeihez képest.

- A1B és A2 scenáriók szerint a 2051 és 2100 közötti időszakban minden második nyár száraz lehet. Az összefüggő száraz periódusok hosszabbá válhatnak.

- Az üvegházgáz-emisszió mértéke a három vizsgált forgatókönyv közül B1-ben a legcsekélyebb, ezért a 20. század második feléhez képest ez a scenárió prognosztizálja a legkisebb változásokat.

- A 21. században a száraz évek és száraz nyarak valószínűségének és szélsőségeségének alakulása hasonló tendenciát követ, de a száraz nyarak esetén erőteljesebb változások következhetnek be.

A klimatikus extrémek alakulása döntő a zonális fafajok elterjedésének szárazsági határán. A melegedő-szárazodó klíma miatt számos, jelenleg optimum közeli állomány kerülhet a jövőben klimatikusan határhelyzetbe, ami a magyarországi dombvidékeken a kevésbé toleráns egyedek tömeges pusztulását okozhatja. Ezért a szélsőségesen száraz időjárási jelenségek jövőbeni gyakoriságának és hosszának ismerete nélkülözhetetlen a lehetséges változásokra való felkészüléshez

### BEVEZETÉS

Az aszályhajlam hazánk éghajlati jellemzője (Bussay et al., 1999). Az évi középhőmérsékletek sorozatában a 20. század folyamán növekedő tendencia figyelhető meg (Szalai et al., 2005).

A klímaváltozás következményeinek erődre gyakorolt hatását a *Mátyás Csaba* által vezetett Erdő-Klíma projekt keretében Sopronban, a *Nyugat-magyarországi Egyetemen* is tanulmányozzák. A projekt témájában az aszályok jövőbeli előfordulása fontos szerepet játszik. A hamburgi *Max Planck Meteo-*

rológiai Intézetben a Daniela Jacob és csoportja által fejlesztett regionális klímamodell segítségével vizsgáltuk, hatással van-e a klímaváltozás a száraz évek és száraz nyarak bekövetkezési valószínűségére, valamint szélsőségesebbé válnak-e ezek az események Magyarországon a 21. században?

## ADAT ÉS MÓDSZER

Az elemzésekhez a hamburgi fejlesztésű REMO regionális klímamodell (Jacob, 2001; Jacob et al., 2001) Európa területére készült szimulációit használtuk, melyek horizontális felbontása 0,44° (~50\*50km). Ebből a Magyarországra vonatkozó havi hőmérséklet-átlagok és csapadékösszegek országos átlagait értékeltük ki, az 1. táblázatban bemutatott időszakokra.

Az elemzésben a 21. századot két 50 éves periódusra bontottuk (2001–2050, 2051–2100), ezért a tendenciát szintén egy 50 éves múltbeli időszakhoz (1951–2000) képest állapítottuk meg.

A szakirodalomban az aszályt meteorológiai, hidrológiai, mezőgazdasági, szocioökonómiai megközelítésből (Wilhite – Glantz, 1985), különböző indexek (Palmer, 1965; Pálfai, 1991; McKee et al., 1999) segítségével

vizsgálták. Mivel elemzéseink a modell csapadék- és hőmérséklet-eredményein alapsznak, az „aszály” helyett a „száraz év/száraz nyár” kifejezést használjuk.

A száraz éveket és száraz nyarakat relatívan definiáltuk: az 1961–90-es klímaperiódusra meghatároztuk az éves, valamint a nyári (májustól augusztusig) csapadékösszegek és középhőmérsékletek országos átlagát. A 21. századra minden egyes évben kiszámítottuk az ettől való csapadék- ( $\Delta P$ ) és hőmérséklet-eltérést ( $\Delta T$ ).

$$\Delta P (\%) = \frac{(\text{Csapadékösszeg}_{\text{adott év}} - \text{Átlagos csapadékösszeg}_{1961-90})}{\text{Átlagos csapadékösszeg}_{1961-90}} * 100$$

$$\Delta T (^\circ\text{C}) = \frac{(\text{Középhőmérséklet}_{\text{adott év}} - \text{Átlagos középhőmérséklet}_{1961-90})}{1}$$

Száraz év:  $\Delta P$  (negatív irányban)  $\geq 5\%$ , száraz nyár:  $\Delta P$  (negatív irányban)  $\geq 15\%$ . A kevés csapadék különösen nyáron súlyos hatású, amikor extrém magas hőmérséklettel párosul, ezért  $\Delta T$ -t is figyelembe vettük (a határok megállapítása a 20. századi aszályosnak leírt évek  $\Delta P$  és  $\Delta T$  értékei alapján történt).

1. táblázat

### Elemzett adatok és modellfuttatások

	Modell és adat	Horizontális felbontás	Peremfeltétel
1961–2000	OMSZ-VITUKI adatai <sup>a</sup>	állomásadatok	–
	CRU adatok <sup>b</sup>	0,5°	–
	REMO <sup>c</sup> – ERA-40 szimuláció	0,44°	ERA-40 reanalízis <sup>d</sup>
1951–2000	REMO kontroll szimuláció	0,44°	ECHAM5/MPI-OM <sup>e</sup>
2001–2100	A1B	0,44°	ECHAM5/MPI-OM
	REMO szcenárió szimulációk B1		
	A2		

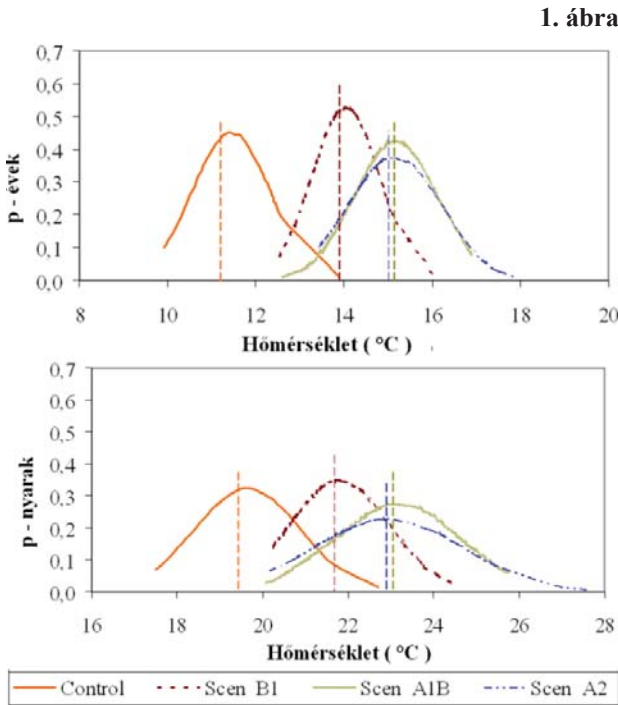
<sup>a</sup> 87 csapadék- és 31 hőmérséklet-állomás adatai (OMSZ, VITUKI)

<sup>b</sup> térbeli rácsra interpolált állomásadatok (Mitchell et al., 2004)

<sup>c</sup> regionális klímamodell (Jacob, 2001; Jacob et al., 2001)

<sup>d</sup> térbeli rácsra előállított meteorológiai változók a lehető legtöbb múltbeli mérési adat, valamint modellek előrejelzéseinek felhasználásával; a múltbeli klímarekonstrukció peremfeltételeit szolgáltatja (Uppala et al., 2005)

<sup>e</sup> globális cirkulációs modell (Roeckner et al., 2006; Junglaus et al., 2006)



**Évi (fent) és nyári (lent) középhőmérsékletek eloszlása 1961-90-ig a kontrollszimuláció, 2071-2100-ig a Szenárió-szimulációk eredményei alapján**

## EREDMÉNYEK

### Hőmérsékletviszonyok a 21. század végén

Megvizsgáltuk az éves és a nyári középhőmérsékletek országos átlagának eloszlását a 2071–2100 közötti időszakra (1. ábra). A három különböző IPCC Szenárió-szimuláció eredményeit a kontrollfuttatás eredményeiből számított 1961–90-es átlaghoz viszonyítottuk. Az 1961–90-es klímaperiódushoz képest az éves átlaghőmérsékletek a B1 forgatókönyv szerint 2,6 °C-ot, az A1B szerint 3,8 °C-ot emelkedhetnek. A nyári átlaghőmérsékletek B1 Szenárió alapján 2,2 °C-kal, míg A1B alapján 3,6 °C-kal lehetnek magasabbak. A szélesebb Gauss-görbék megnövekedett klímavariabilitásra utalnak. Ezzel együtt az extrém események – pl. szélsőségesen magas nyári hőmérsékletek – is

gyakoribbá válhatnak a 21. század végére. Ismerve hazánk éghajlatának aszályhajlamát, ezek az eredmények motiváltak a csapadékvizonyok megvizsgálására, hogy a melegedő tendenciával együtt jelentkezik-e a szárazodó tendencia.

### Száraz évek és száraz nyarak valószínűsége

A 2. ábrán látható a száraz évek és száraz nyarak számának változása a 21. században, a kontrollperiódushoz (1951–2000) képest. A század első felében (2001–2050) egyik kibocsátási forgatókönyv esetén sem nő szignifikánsan a száraz évek és száraz nyarak bekövetkezési valószínűsége, azonban a század második felében (2051–2100) ezek az események mindhárom Szenárió szerint gyakoribbá válhatnak. Drasztikusabb változások a száraz nyarak esetében várhatók. A három forgatókönyv közül a

legpesszimistább A1B alapján 11-gyel megnőhet a száraz nyarak száma a 20. század második feléhez képest; ez azt jelenti, hogy az 50-ből 26, azaz minden második nyár száraz lehet.

Az A2 Szenárió a száraz események számának erőteljes csökkenését, majd emelkedését prognosztizálja a 21. században, mely a forgatókönyv által leírt CO<sub>2</sub>- és SO<sub>2</sub>-kibocsátás tendenciájával áll összefüggésben (Gálos – Lorenz – Jacob, 2007).

Vizsgáltuk a száraz periódusok eloszlását a 2001 és 2100 közötti időszakra (3. ábra). Míg a század első felében 2-4 egymás utáni évben fordul elő száraz nyár, addig 2050 után az összefüggő száraz periódusok hossza 6-7 évre emelkedhet. A század utolsó 10 évében akár majdnem minden nyár szélsőségesen száraz lehet. A száraz évek esetén is ugyanez a tendencia jelentkezik.

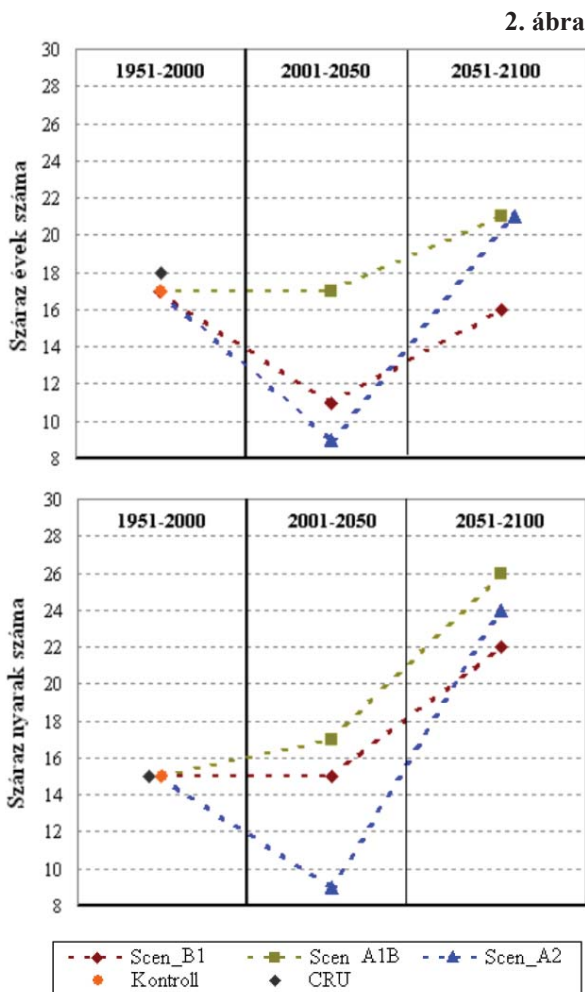
### Száraz évek és száraz nyarak szélsőségesége

A száraz évek és száraz nyarak szélsőségeségét csapadék- és hőmérsékletértékeik 1961–90-es klímaperiódushoz viszonyított eltérésének ( $\Delta P$ ,  $\Delta T$ ) mértékével jellemeztük.

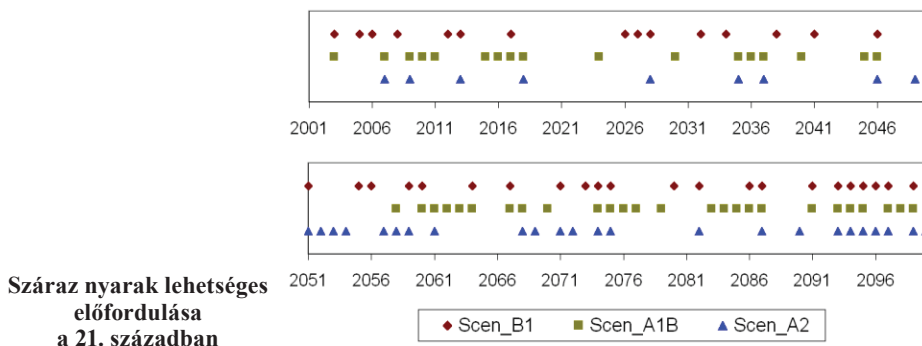
*Száraz évek* (4. ábra): a 21. század első felében  $\Delta P$  és  $\Delta T$  átlagértékei mindhárom scenárióban nagyon hasonlóak. A kontrollperiódus (1951–2000) száraz eseményeihez képest a száraz évek melegebbé válhatnak,  $\Delta P$  változása nem szignifikáns. 2051 és 2100 közt az A1B és A2 forgatókönyvek alapján melegebbé, szárazodó tendencia figyelhető meg, átlagosan 3,5 °C-os  $\Delta T$ - és több mint 5%-os  $\Delta P$ -növekedés következhet be. A vizsgált három forgatókönyv közül a száraz évek szélsőségeségében B1 prognosztizálja a legkisebb változást.

*Száraz nyarak* (5. ábra): a 2001–2050 időszakban a B1 forgatókönyv esetén 1 °C-os, A1B alapján 0,5 °C-os, A2 szerint pedig több mint

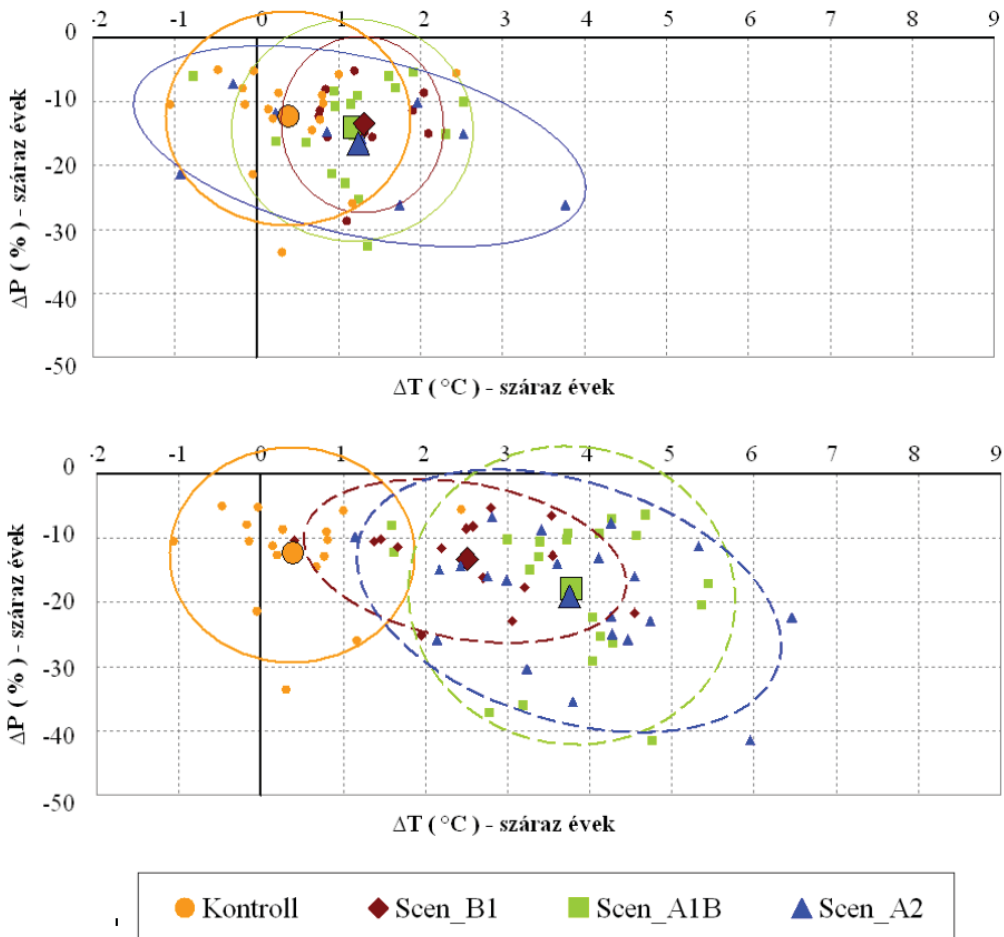
A száraz évek és száraz nyarak száma 1951–2100-ig, 50 éves időszakokra



**3. ábra**



4. ábra

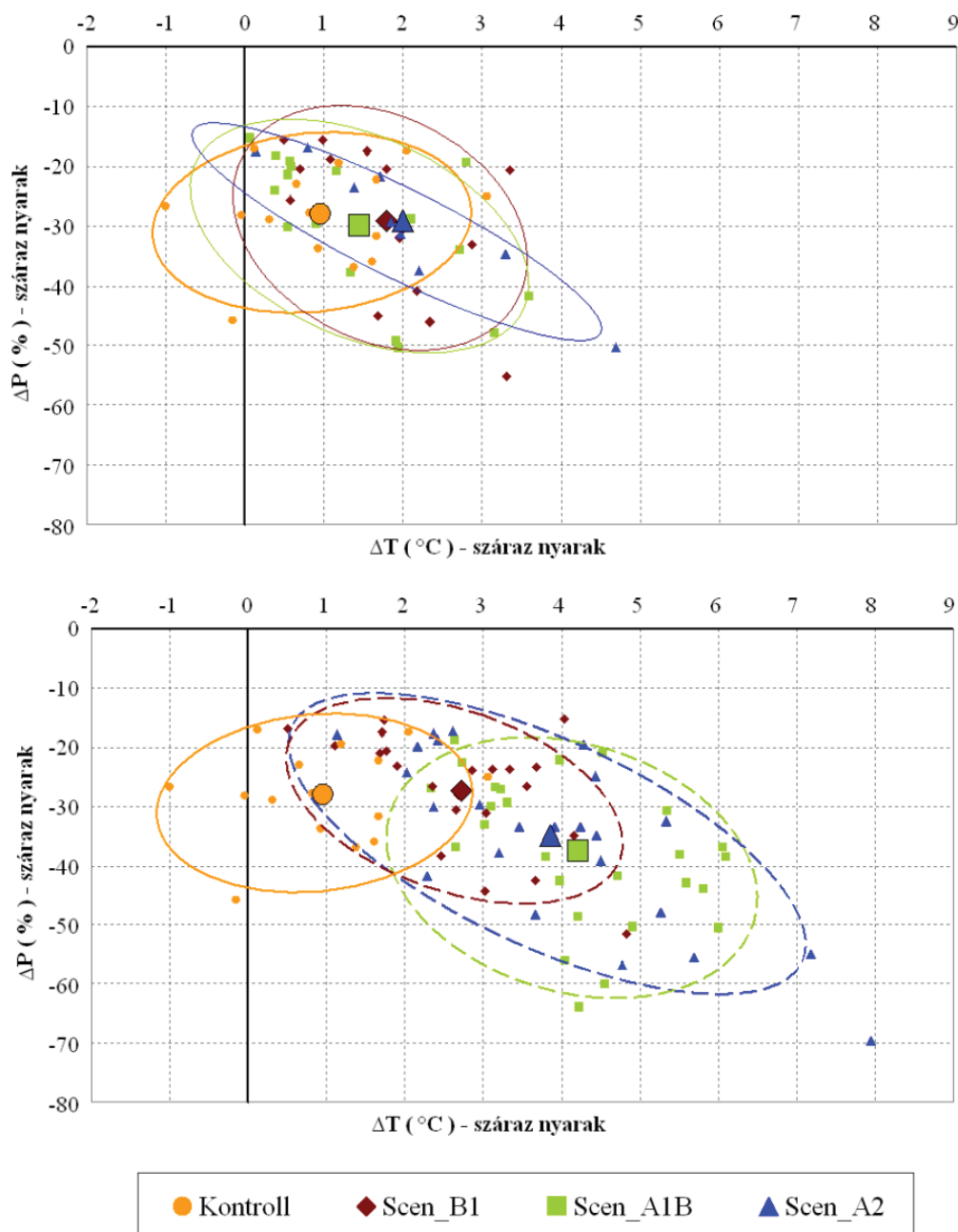


A száraz évek szélsősége az 1951–2100 időszakban (felső ábrarész: 1951–2000 vs. 2001–2050, alsó ábrarész: 1951–2000 vs. 2051–2100). Az egyes pontok a száraz évek csapadék- és hőmérsékletértékeinek az 1961–90-es klímaperiódus átlagától való eltéréseit mutatják. A nagy szimbólumok a pontfelhők átlagértékeit jelölik. Az ellipszisek 95%-os konfidenciaszint mellett jellemzik a pontfelhőket

1 °C-os emelkedés várható a  $\Delta T$  átlagértékeiben, a kontrollfuttatás száraz nyaraihoz képest. A 21. század második felében a B1 forgatókönyv szerint a nyarak tovább melegedhetnek. A1B alapján a pontfelhők a szárazabb-melegebb irányba tolódnak, ez azt jelenti, hogy a száraz nyarak szélsőséesebbé válhatnak.  $\Delta P$  10%-kal,  $\Delta T$  3,5 °C-kal lehet nagyobb átlagosan a 20. század második felé-

hez képest. Hasonlóan szélsőséesebb körülményekre utalnak az A2 szcenárió-futtatás eredményei is. Itt többnyire fennáll, hogy a legszárazabb nyarak egyben a legmelegebbek is. A1B és A2 forgatókönyvek szerint tehát a száraz nyaraknak nemcsak valószínűsége nőhet meg szignifikánsan, hanem szárazabbá és melegebbé is válhatnak az 1951–2000-es időszak hasonló eseményeihez képest.

5. ábra



A száraz nyarak szélsőségesége az 1951–2100 időszakban (felső ábrarész: 1951–2000 vs. 2001–2050, alsó ábrarész: 1951–2000 vs. 2051–2100). Az egyes pontok a száraz nyarak csapadék- és hőmérsékletértékeinek az 1961–90-es klímaperiódus átlagától való eltéréseit mutatják. A nagy szimbólumok a pontfelhők átlagértékeit jelölik. Az ellipszisek 95%-os konfidenciaszint mellett jellemzik a pontfelhőket



## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az állomásadatokat az OMSZ és a VI-TUKI adatbázisából szereztük be, a modell-eredmények a hamburgi Max Planck Meteorológiai Intézet regionális modellezéssel foglalkozó csoportja által fejlesztett REMO regionális klímamodellből származnak. A ta-

nulmányút a Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) ösztöndíjának keretében valósult meg.

Köszönöm *Mátyás Csabának*, az MTA levelező tagjának támogatását, valamint a statisztikai módszerek alkalmazásánál *Polgár Rudolf* hasznos tanácsait.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – MATYASOVSKY I. – SCHLANGER V. (2004): A globális klímaváltozás várható tendenciái a Kárpát-medence területére. In: Mátyás Cs., Vig P. (szerk.): Erdő és klíma IV. Sopron, 57-68. pp.
- (2) BERKI I. – MÓRICZ N. – RASZTOVITS E. – VIG P. (2007): A bükk szárazság tolerancia határának meghatározása. In: Mátyás Cs., Vig P. (szerk.): Erdő és klíma V. Sopron, 213-228. pp.
- (3) BUSSAY A. – SZINELL Cs. – SZENTIMREY T. (1999): Az aszály magyarországi előfordulásának vizsgálata és mérhetősége. Éghajlati és agrometeorológiai tanulmányok 7, OMSZ, Budapest
- (4) CHRISTENSEN, J. H. (2005): Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects. Final Report DMI
- (5) GÁLOS, B. – LORENZ, Ph. – JACOB, D. (2007): Will dry events occur more often in Hungary in the future? Environ. Res. Lett. 2: 034006 (9 p.) doi:10.1088/1748-9326/2/3/034006
- (6) HOUGHTON, J. ET AL. (eds.) (2001): Climate Change 2001. The Scientific Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press
- (7) IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. <http://www.ipcc.ch>
- (8) JACOB, D. (2001): A note to the simulation of the annual inter-annual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin. Meteorol. Atmos. Phys., 77: 61-73. pp.
- (9) JACOB, D. ET AL. (2001): A Comprehensive Model Intercomparison Study Investigating the Water Budget during the BALTEX-PIDCAP Period. Meteorol. Atmos. Phys., 77: 1-4, 19-43. pp.
- (10) JUNGCLAUS, J. H. – KEENLYSIDE, N. – BOTZET, M. – HAAK, H. – LUO, J. – LATIF, M. – MAROTZKE, J. – MIKOLAJEWICZ, U. – ROECKNER, E. (2006): Ocean circulation and tropical variability in the coupled model ECHAM5/MPI-OM. J. Climate 19: 3952-3972. pp.
- (11) MÁTYÁS, Cs. (2007): Genetic background of response of tree populations to aridification at the xeric forest limit; consequences for climatic modelling. In: Strelcova, K., Skvarenina, J. & Blazenec, M. (eds): „Bioclimatology and natural hazards” International Scientific Conference, Pol'ana nad Detvou, Slovakia, September 17-20, 2007, ISBN 978-80-228-17-60-8
- (12) MÁTYÁS Cs. – NAGY L. – UJVÁRINÉ J. É. (2007): Klímatis stressz és a fajok genetikai válaszreakciója az elterjedés szárazsági határán: elemzés és előrejelzés. In: Mátyás Cs., Vig P. (szerk.): Erdő és klíma V. Sopron, 241-255. pp.
- (13) MCKEE, T. B. – DOESKEN, N. J. – KLEIST, J. (1993): The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology Anaheim, CA, USA 179-184. pp.
- (14) MIKA J. (2007): Új eredmények és összevetések a klímaváltozás hazai sajátosságairól. In: Mátyás Cs., Vig P. (szerk.): Erdő és klíma V. Sopron, 13-29. pp.
- (15) MITCHELL T. D. – CARTER, T. R. – JONES, P. D. – HULME, M. – NEW, M. (2004): A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901-2000) and 16 scenarios (2001-2100). Tyndall Centre Working Paper 55
- (16) NAKICENOVIC, N. ET AL. (2000): IPCC Special Report on Emission Scenarios. Cambridge University Press, UK 599
- (17) PALMER W. C. (1965): Meteorological

drought. Research paper 45 (U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C.) (18) PÁLFAI I. (1991): Az 1990. évi aszály Magyarországon. Vízügyi Közlemények 2: 117-132. pp. (19) PONGRÁCZ R. – BARTHOLY J. (2004): Klímaváltozás: a szélsőségek eltolódása a XX. században. In: Mika J. (szerk.): Természet világa 2004. II. különszám, 51-54. pp. (20) ROECKNER, E. – BROKOPF, R. – ESCH, M. – GIORGETTA, M. – HAGEMANN, S. – KORNBLUEH, L. – MANZINI, E. – SCHLESE, U. – SCHULZWEIDA, U. (2006): Sensitivity of simulated climate to horizontal and vertical resolution in the ECHAM5 atmosphere model J. Climate 19 3771-3791. pp. (21) SZALAI S. – MIKA J. (2007): A klímaváltozás és időjárási anomáliák előrejelzése az erdőtakaró szempontjából fontos tényezőkre. In: Mátyás Cs., Vig P. (szerk.): Erdő és klíma V. Sopron, 133-143. pp. (22) SZALAY S. – KONKOLYNÉ B. Z. – LAKATOS M. – SZENTIMREY T. (2005): Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig. OMSZ, 12. p. (23) SZINELL, Cs. – BUSSAY, A. – SZENTIMREY, T. (1998): Drought tendencies in Hungary. Int. J. Climatol. 18: 1479-1491. pp. (24) UPPALA, S. M. ET AL. (2005): The ERA-40 re-analysis Q. J. R. Meteorol. Soc. 131: 2961-3012. pp. (25) WILHITE, D. A. – GLANTZ, M. H. (1985): Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. Water International, 10: 111-120. pp.



# AZ ASZÁLYOSSÁG HATÁSA KOCSÁNYTALAN TÖLGYESEK ÉS BÜKKÖSÖK EGÉSZSÉGI ÁLLAPOTÁRA

CSÓKA GYÖRGY – KOLTAY ANDRÁS – HIRKA ANIKÓ – JANIK GERGELY

**Kulcsszavak:** aszály, tölgyesek, bükkösök, pusztulás, leromlás.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Megállapítható, hogy az aszályosság jelentős mértékben befolyásolja a kocsányos tölgyesek és bükkösök egészségi állapotát. Kocsánytalan tölgyesekben a „magányos” aszályos évek általában nem okoznak jelentős pusztulást, illetve leromlást, általában csak 2-3, egymást követő erősen aszályos év hatására mutatnak egészségi állapotromlást. A hatások gyakran 1-3 év eltolódással „kárláncolatokon” keresztül jelentkeznek.

A bükkösökben (különösen pl. a Dél-Dunántúlon) már egy-egy jelentősen aszályos év is számottevő állapotromlást idéz elő. Bükk-tájak közül Zala látszik legérzékenyebbnek az aszályosság hatásait tekintve. Ezt támasztja alá az a tény is, hogy Zala megyében 2004-ben 100 ezer m<sup>3</sup>-t is meghaladó egészségügyi termelést kellett végrehajtani a zöld karcsúdíszbogár (*Agrilus viridis*) és a bóbítás bükkészú (*Taphrorychus bicolor*) tömegszaporodása következtében. Mindkét faj tömegszaporodása egyértelműen köthető az előző évek súlyos aszályaihoz.

Ha az aszályos időszakok gyakorisága és időtartama növekszik, akkor az eddigieknél sűrűbben és nagyobb területen fellépő rovarkárra lehet számítani. Új, kevésbé ismert, vagy „elfeledett” rovarfajok válhatnak jelentőssé. Egyes fajok kártételei vertikálisan is terjedhetnek, és válhatnak rendszeressé az eddig kevésbé károsított erdőtípusokban is. Ez jelentős kihatású kárláncolatok kialakulásához is vezethet.

## BEVEZETÉS

A hazai kocsánytalan tölgyesek és bükkösök ökonómiai és ökológiai szempontból egyaránt kiemelkedő jelentőségűek. Ennek megfelelően egészségi állapotuk, illetve az abban bekövetkező változások kiemelt figyelmet élveznek. A kocsánytalan tölgyesek egészségi állapotának alakulásával a 80-as évek elejétől kezdődően számos szerző foglalkozott (Igmándy et al., 1984; Führe, 1989; Csóka, 1992; Vajna, 1995; Standovár – Somogyi, 1998; Csóka et al., 1999). A bükkösök egészségi állapota is régen foglalkoztatja a kutatókat (Tuzson, 1931; Szontagh, 1987, 1988, 1989; Leskő, 1993; Tóth et al., 1995; Barton, 1997).

## AZ ALKALMAZOTT MÓDSZER

Az ERTI Erdővédelmi Osztálya hosszabb ideje folytat erdővédelmi monitoring-vizsgálatokat magyarországi bükk (1992-től) és kocsánytalan tölgy állományokban (1983-tól). Azaz 2005-tel bezárólag bükk esetében 14 éves, kocsánytalan tölgy esetében pedig 23 éves adatsorok állnak rendelkezésre. A monitoring-parcellákat, illetve a rajtuk lévő mintafákat minden év szeptemberében egyenként minősítettük. Egyes parcellákon tavaszi (május) minősítések is folytak, jelen elemzésben azonban ezeket a felvételeket nem vettük figyelembe. A mintafák egészségi állapotának jellemzésére az 5 fokoza-

tű egészségi állapot-minősítést használtuk, mely egyetlen számmal jelzi az adott faegyed általános egészségi állapotát. A minősítés alapvetően a korona állapotára, az esetleges lombhiányra, illetve a hajtások, vékony ágak esetleges pusztulására koncentrál.

A kategóriák a következők

**5:** tünetmentes – a lombhiány nem haladja meg a 10%-ot. Ilyen mértékű lombhiányt természetesnek ítéltünk, azt önmagában nem tartjuk egészségi problémának;

**4:** 11-30% közötti lombhiány, ami lehet ideiglenes (pl. lombrágó rovarok hatása), illetve hosszabb távú (a korona kiritkulása);

**3:** 30%-nál nagyobb mértékű lombhiány, kiritkult korona, száradó vágágak stb.;

**2:** a mintafa a felvétel évében elpusztult faegyed.

Az 5 fokozatú minősítések alapján *Egészségi Deficit Indexet* (a továbbiakban EDI) számítottunk. Ennek értékét a minősített mintafák egészségi osztályzatainak súlyozott átlagából számítottuk. Az „5”-ös fokozatú fákat 1-es, a „4”-es fokozatú fákat 0,67-es, a „3”-as fokozatú fákat 0,33-as, míg a frissen pusztult fákat 0-s súllyal vettük figyelembe. Az így kapott 0-1 közötti értéket 100-zal szoroztuk, majd 100-ból kivontuk. A kapott érték elviekben így 0 és 100 közötti lehet, amit a továbbiakban Egészségi Deficit Index-ként (EDI) említünk. Az EDI értéke „0” abban az ideális állapotban, ahol minden minősített fa teljesen tünetmentes, és „100” abban az elméleti esetben, ha minden mintafa a felvétel évében pusztult el. Azaz a magasabb EDI-érték rosszabb, az alacsonyabb EDI-érték jobb egészségi állapotot jelez.

Bükk esetében ezeket az EDI-értékeket régióként hasonlítottuk össze az adott régióra jellemző aszályossági értékekkel (*Pálfai-féle* aszályindex=PAI). A kocsánytalan tölgy esetében pedig az Északi-középhegység értékeit vetettük össze az erre a régióra jellemző PAI-értékekkel.

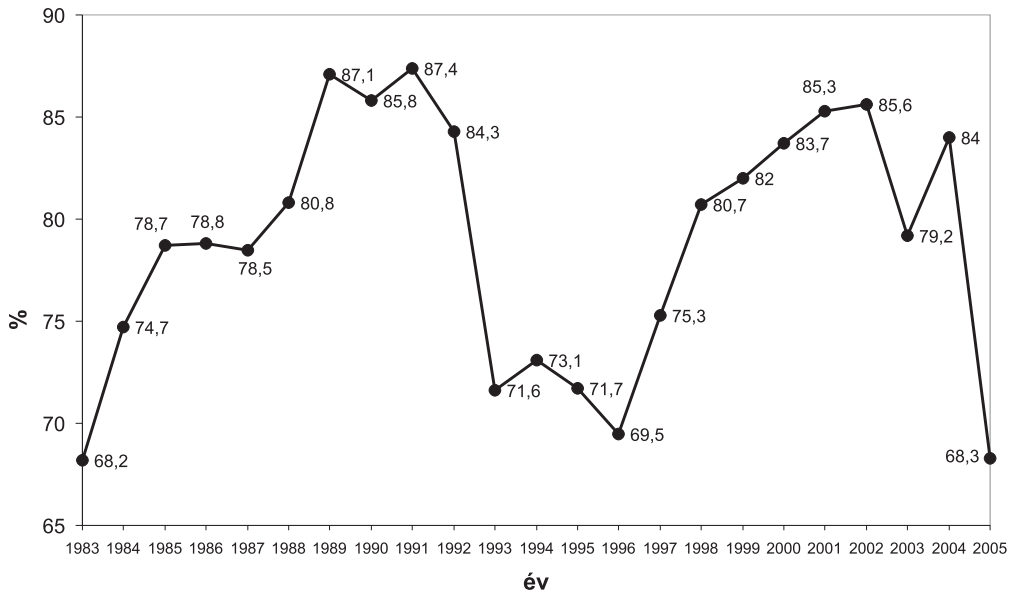
## AZ EREDMÉNYEK

### A kocsánytalan tölgyesek

Az egészségesnek minősített kocsánytalan tölgy mintafák aránya 1983 és 2004 között a 68,2%-os minimum és a 87,4%-os maximum között ingadozott (1. ábra). A vizsgálat évében elpusztult mintafák aránya (2. ábra) 0,5-4,6-os érték között mozgott. Megjegyzendő, hogy az 1995-ben regisztrált 4,6%-os mortalitási érték meghaladta a vizsgálatok kezdetekor, 1983-ban észlelt 4,4%-os értéket. Mindkét ábrán jól látható, hogy a 90-es évek első felének súlyosan aszályos időjárása mind az egészséges fák arányára, mind a famortalitásra egyértelmű negatív hatást gyakorolt.

Az 1992–1994-es időszak kiemelkedően aszályos évei után egy év késéssel jelentős mértékű egészségi állapotromlás vette kezdetét, mely 4 évig tartott (1993–1996), és csak 1997-ben váltott javuló trendbe. Megjegyzésre érdemes tény, hogy a romló trend 1 év késéssel, a javuló trend pedig csak a súlyosan aszályos időszak elmúltja után két évvel jelentkezett. Feltűnő, hogy a tünetmentes fák aránya 2005-ben, gyakorlatilag az 1983-as értékkel megegyezően, nagyon alacsony. A 2. ábrán ugyanakkor az is látszik, hogy 2005-ben alacsony a frissen pusztult faegyedek aránya. Ennek a látszólagos ellentmondásnak az a magyarázata, hogy a kocsánytalan tölgy mintaparcellák közül többön 2005-ben gyapjaslepke-kártételek jelentkeztek, helyenként akár 50%-ot is meghaladó lombvesztéset okozva. A kocsánytalan tölgy vegetációs időszakon belüli regenerációs képessége gyenge, azaz a tavaszi lombvesztés még az őszi felvételek idején is jól látható. Ez pedig nyilvánvalóan a tünetmentes fák alacsony arányában és a magas EDI-értékben (14%, 3. ábra) nyilvánul meg. Ez egyébként egybevág korábbi eredményeinkkel (lásd fentebb), miszerint a súlyos aszályokat 1-2 év késéssel követi a jelentős állapotromlás. Megjegyzendő továbbá, hogy a 2005-ös gyapjaslepkerágást 1-2 év késéssel valószínűleg további leromlás követi, ami

1. ábra



Az egészséges kocsánytalan tölgy mintafák aránya 1983 és 2005 között

2006–2007-ben helyenként akár számottevő fapusztulással is jár. A kialakuló kárláncolatok területenként különböző tényezőkből tevődnek össze, de meghatározó elemei a tölgy lisztharmat, illetve a fertőzését követően kialakuló fagykárók és a kétpettyes díszbogár (*Agrilus biguttatus*) tömeges fellépése.

### A bükkösök

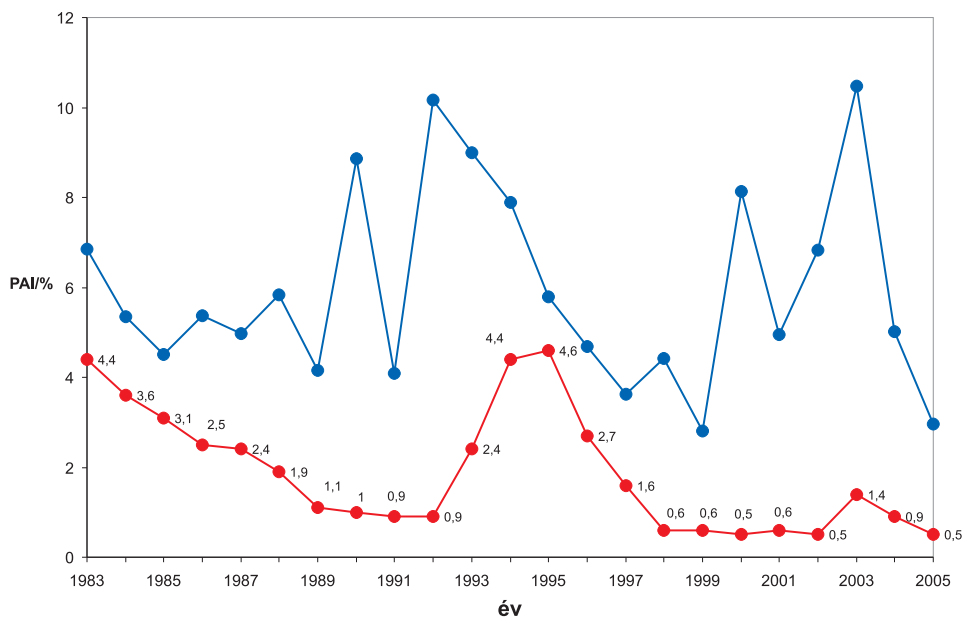
A 4. és 5. ábrán jól érzékelhető, hogy az egyes tájak bükköseinek egészségi állapotjelzői hogyan viszonyulnak egymáshoz, illetve az 1992–2005 közötti időszakban milyen trendek jellemzők. Az időszakra jellemző átlagos EDI-értékek a legkedvezőbbek az Alpokalján (5,0), ezt követi a Zala táj (9,5), illetve egymáshoz igen közeli átlagértékkel az Északi-középhegység (11,0) és a Bakony (11,2).

Az Északi-középhegység esetében az egészségi állapotban 1992–1996 között kifejezetten határozott, de azt követően is egyértelmű javulás érzékelhető. 2001-et követően

azonban az Északi-középhegységben, de az összes többi tájon is romló trend veszi kezdetét. Ez nyilvánvalóan összefügg az új évezred első éveinek súlyos aszályosságával.

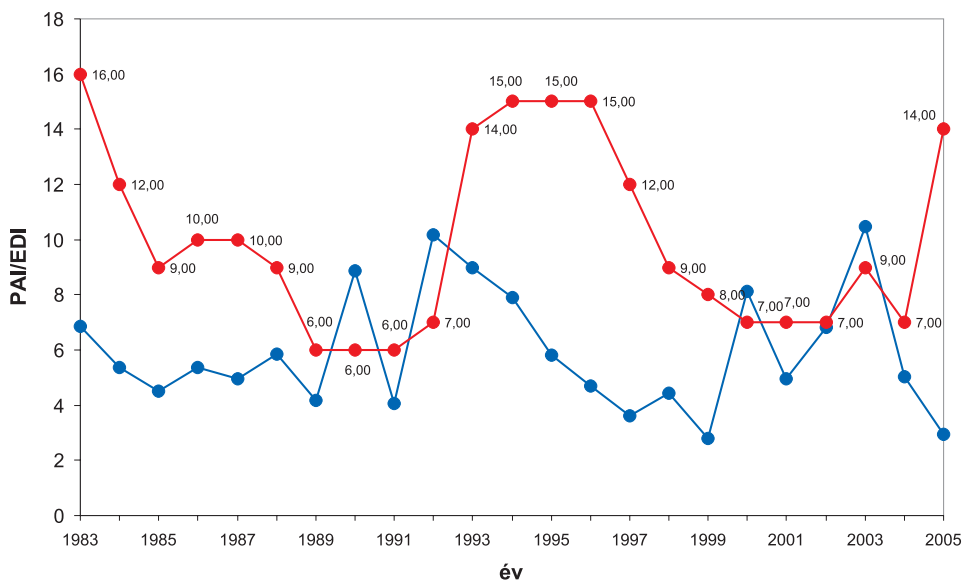
A Dél-Dunántúl (Zala megye) esetében figyelemre méltó az 1995-ben, illetve 2003-ban regisztrált hirtelen, és kifejezetten jelentős mértékű állapotromlás. 2003-ban a 2002-es értékhez képest az EDI-érték mintegy 90%-kal nőtt. A 9. ábra alapján nyilvánvalónak látszik, hogy a 2003-ban észlelt nagymértékű állapotromlást egyértelműen a súlyosan aszályos év(ek) hatásaként kell értékelnünk. Megjegyzendő, hogy a 2003-as év Zalaegerszegen az utóbbi 75 év legaszályosabb éve volt, 8,45-os PAI-értékkel. Az 1995-ben feljegyzett hirtelen állapotromlás (1994-hez képest 49%) közvetlenül nem vezethető vissza az 1995-ös év aszályosságára, sokkal inkább az 1992-93-as évek aszályosságának késleltetett hatásaként értékelhető. Mindenesetre az ábra alapján az a következtetés is levonható, hogy a Dél-Dunán-

2. ábra



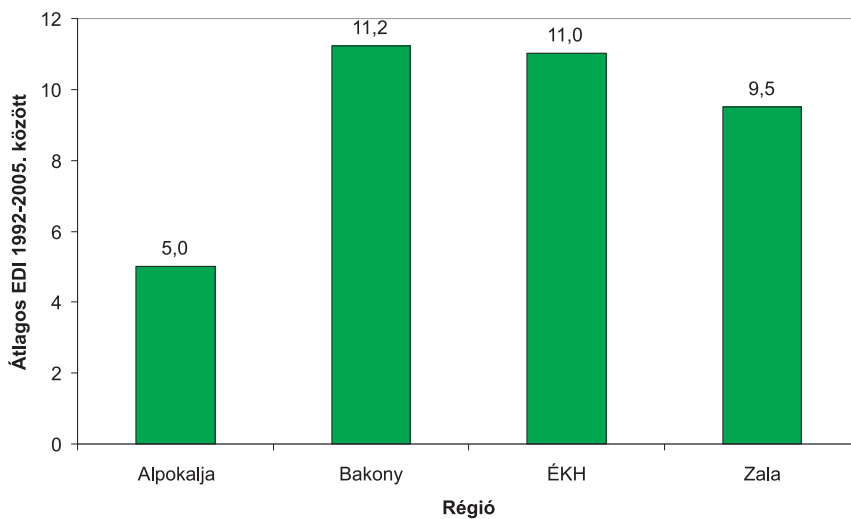
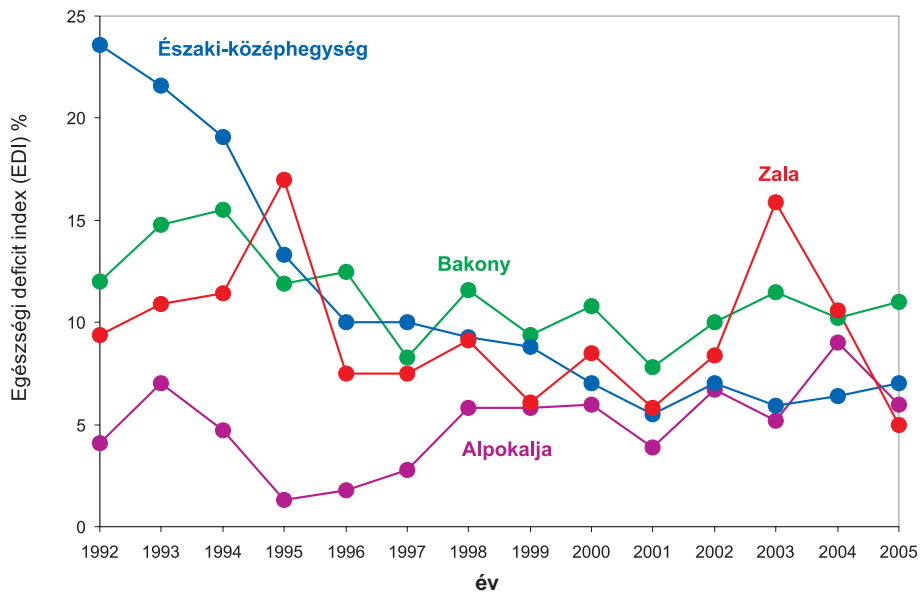
A frissen pusztult kocsánytalan tölgy mintafák aránya (piros), valamint a PAI értékei (kék) 1983 és 2005 között

3. ábra



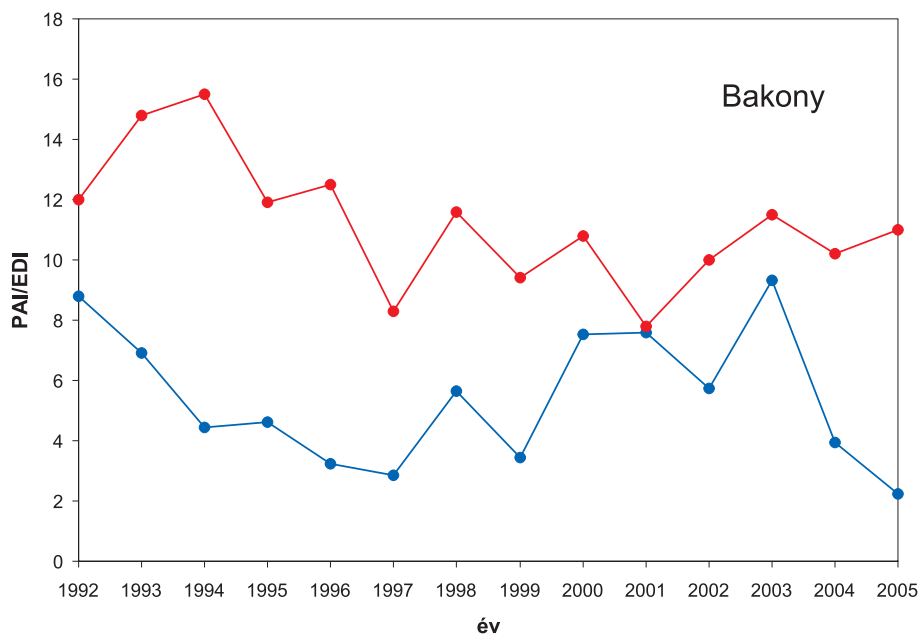
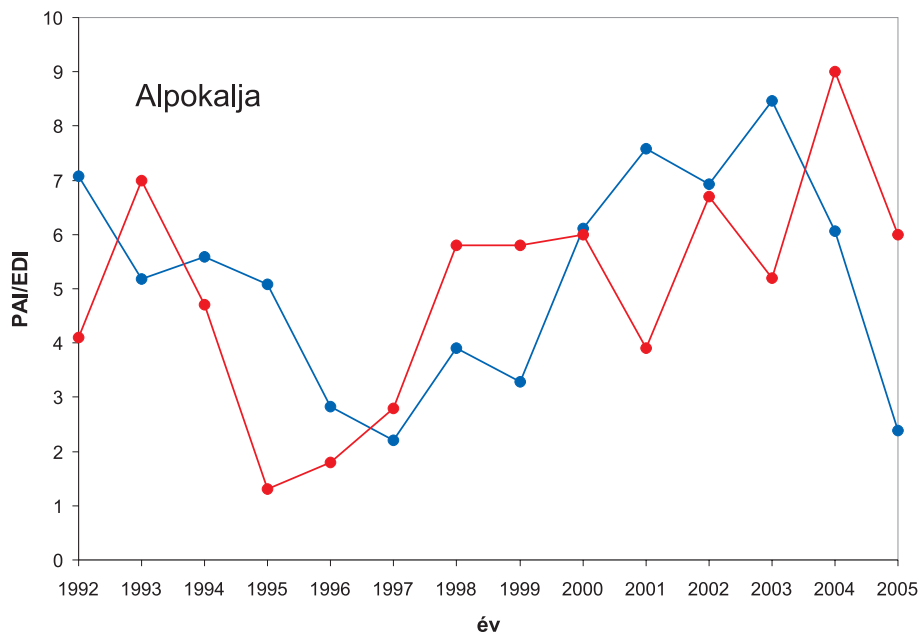
Az EDI értékei (piros) és a PAI értékei (kék) kocsánytalan tölgyesekben 1983 és 2005 között

4–5. ábra



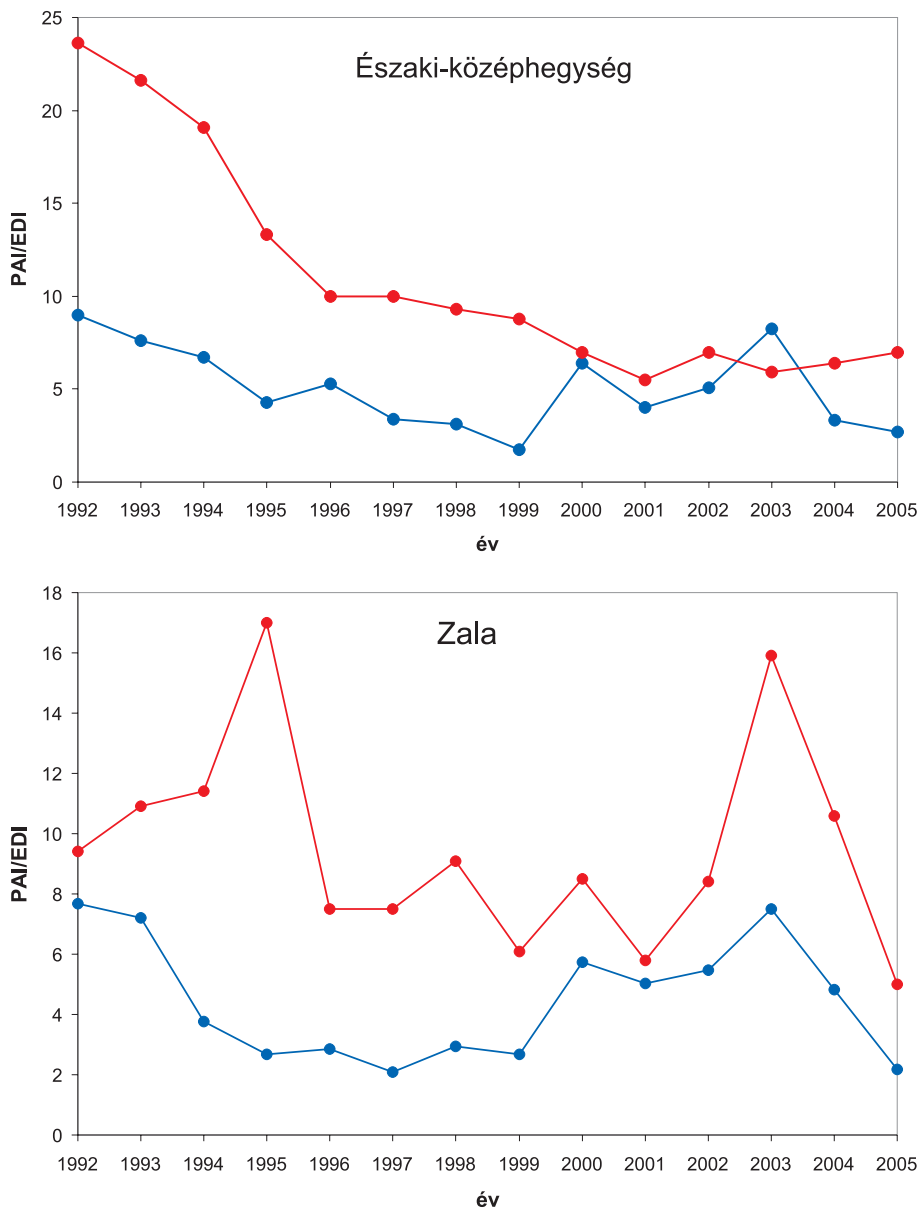
Az EDI éves értékei és régiónkénti átlagai bükkösökben, tájankénti bontásban

6–7. ábra



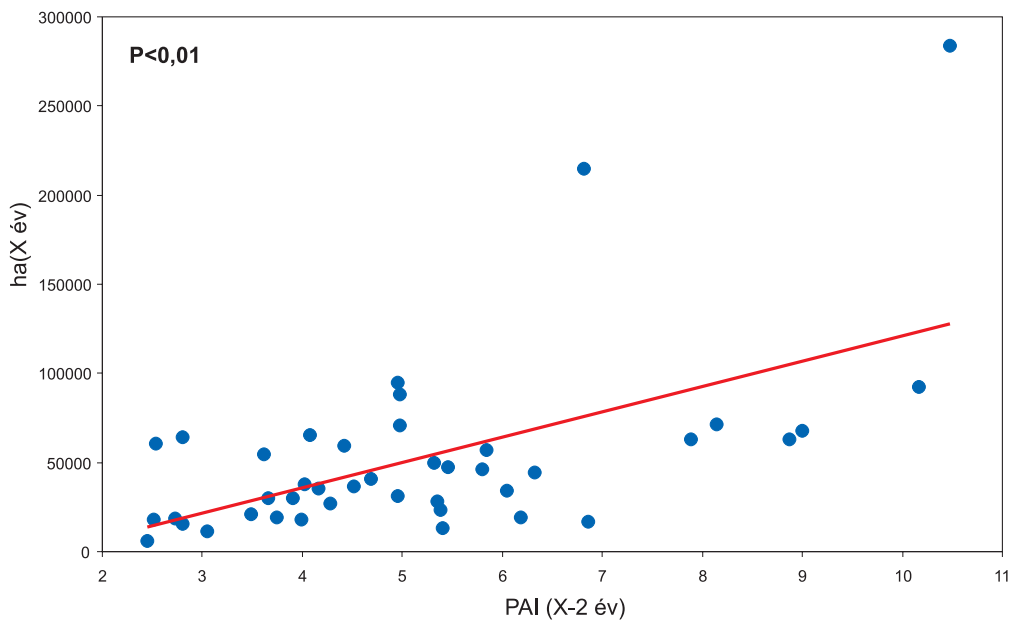
Az EDI (piros) és PAI (kék) értékek tájanként az 1992–2005 közötti időszakra

8–9. ábra



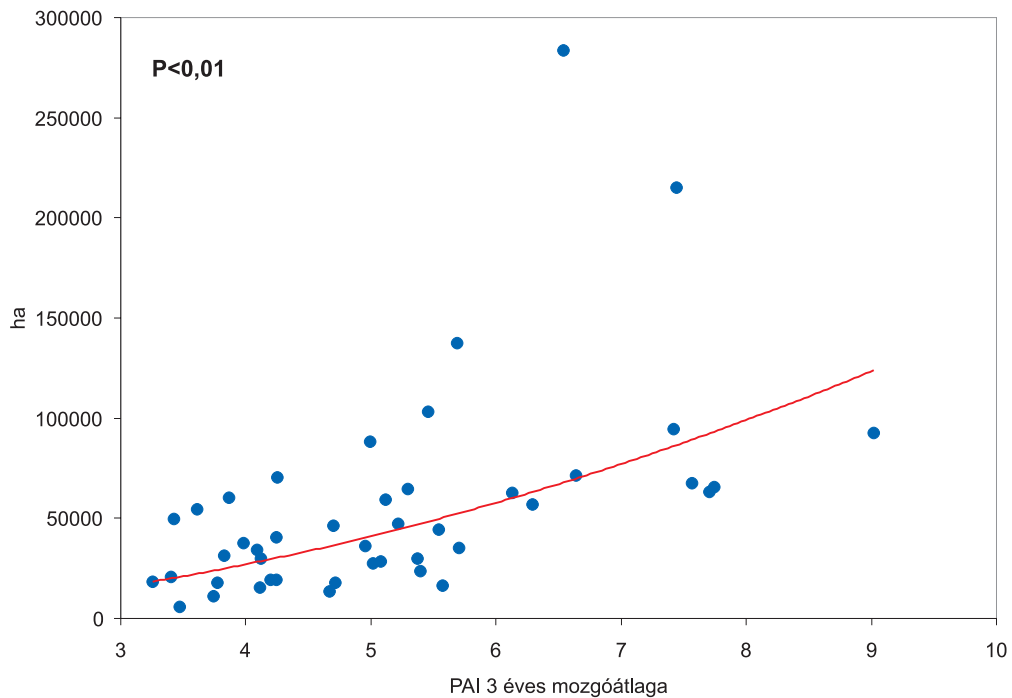
Az EDI (piros) és PAI (kék) értékek tájanként az 1992–2005 közötti időszakra

10. ábra



Összefüggés a PAI-értékek és az összesített éves rovarkárok értékei között 2 év eltolással

11. ábra



Összefüggés a PAI 3 éves mozgóátlaga és az összesített éves rovarkárok értékei között



túl bükkösei reagálnak legérzékenyebben a súlyosan aszályos időszakokra (lásd 1995 és 2003). Egy-egy erősen aszályos év vagy késleltetve, vagy direkt módon jelentős romlást okoz egészségi állapotukban. Ezt látszik alátámasztani az a tény is, hogy Zala megyében a 2003-as, kiemelkedően aszályos évet követően, 2004-ben 100 ezer m<sup>3</sup>-t meghaladó volumenű egészségügyi termelést kellett végrehajtani a zöld karcásdíszbogár (*Agrilus viridis*) és a bóbítás bükkészú (*Taphrorychus bicolor*) tömegszaporodásának köszönhetően. E két xilofág faj robbanásszerű tömegszaporodása egyértelműen az előző évek, különösen pedig a 2003-as év száraz, meleg időjárására vezethető vissza.

Mind a négy vizsgált táj bükköseinél nyilvánvaló, hogy az aszályosság (illetve az azt jellemző PAI) alapvető módon determinálja az EDI-értékeket, illetve annak trendjeit. Legdirektebb ez a kapcsolat a bakonyi bükkösök esetében, különösen az utóbbi 10 évben, ahol az EDI-értékek változása jól láthatóan követi a PAI-értékek változásait (6–9. ábra).

Az időjárás csapadékosra fordultával, 2003 után általában jól érzékelhető javulás vette kezdetét a zalai és alpokaljai bükkösökben. Az Északi-középhegységben 2004-ben és 2005-ben kis mértékű romlás, a Bakonyban pedig 2004-ben javulás, 2005-ben pedig romlás mutatkozott. Ez utóbbi egyértelmű magyarázata a bakonyi bükkösökben jelentkező gyapjaslepkerágás. A kocsánytalan tölgyhöz hasonlóan a vegetációs időn belül a bükk is gyengén kompenzálja a lombvesztést, azaz az őszi felvételek során még mindig jól érzékelhetők a tavaszi lombrágás jelei.

### Aszályosság és a rovarkárok

Az ERTI Erdővédelmi Osztályán működő *Erdővédelmi Figyelő-Jelző Szolgálat* több mint 4 évtizedes adatsorai alapján egyértelműen megállapítható, hogy az aszályosságnak meghatározó szerepe van az erdei rovarkárok kialakulásában (10–11. ábra). Eből levezethető az az előrejelzés, miszerint gyakoribb és súlyosabb aszályok fellépése esetén a jövőben megnövekedett területű rovarkárokkal szükséges számolni. A rovarkárok területi növekedésén túl számos további problémával kell számolni. Várható, hogy olyan rovarfajok tömegszaporodása is ki fog alakulni, amelyeknek korábban nem tulajdonítottunk számottevő jelentőséget, illetve olyan fajok is károkat okoznak, amelyek kártételéről nagyon hosszú ideje nem hallottunk. Ez utóbbira jó példa a zöld karcásdíszbogár (*Agrilus viridis*) közelmúltban zajlott zalai tömegszaporodása. A faj kártételeiről szóló legutóbbi hazai híradások a 20. század 30-as éveiből származnak (*Győrfi, 1937*). Várható továbbá az is, hogy egyes fajok tömegszaporodásai, azon túl, hogy nagyobb területen fognak jelentkezni, vertikálisan is kiterjednek, és olyan erdőtípusokban fognak károkat okozni, ahol arra korábban nem volt példa. Ilyen jellegű példát szolgáltatott a gyapjaslepke (*Lymantria dispar*) tömeges fellépése bükkösökben (Farkasgyepű, Felsőtárkány, Répáshuta stb.). Ezek a károk, illetve az őket követően kialakuló kárláncolatok még az egészségügyi szempontból stabilnak tartott erdőkben (pl. montán bükkösök) is jelentős negatív változásokat idézhetnek elő.

### FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) BARTON ZS. (1997): A Börzsöny bükkösein volt az évszázad legsúlyosabb erdőkárosodása. Erdészeti Lapok 132 (10): 304-304. pp. (2) CSÓKA GY. (1992): A hazai kocsánytalan-tölgy-pusztulás menete 1983-tól napjainkig. Erdészeti Lapok 127: 313-314. pp. (3) CSÓKA GY. – TÓTH J. – KOLTAY A. (1999): Trends of the sessile oak decline in North-Eastern Hungary. In: Forster, B. – Knizek, M. – Grodzki, Wojtek (szerk.): Methodology of Forest Insects Disease Survey in Central Europe. Proceedings of the Second Workshop of the IUFRO WP. 7.03.10. Sion, 48-53. pp. (4) FÜHRER E. (1989): Kocsánytalan tölgyes állományok megbetegedése és az

időjárás közötti összefüggés elemzése. *Az Erdő* 38 (7): 296-296. pp. (5) GYÖFI J. (1937): Erdőgazdaságilag fontosabb díszbogarak. II. *Erdészeti Lapok*, 76 (9), 711-721. pp. (6) IGMÁNDY Z. – PAGONY H. – SZONTAGH P. – VARGA F. (1984): Beszámoló a kocsánytalan tölgyeseinkben fellépett pusztulásról 1978-1983. *Az Erdő* 33 (8): 334-341. pp. (7) LESKÓ K. (1993): A mecseki és zselici bükkösök egészségi állapota. In: *Wood Tech Erdészeti Szakmai Konferencia*. Sopron, 1993.05.06.-1993.05.07. EFE, 59-63. pp. (8) STANDOVÁR T. – SOMOGYI Z. (1998): Corresponding patterns of site quality, decline and tree growth in a sessile oak stand. *European Journal of Forest Pathology* 28: 133-144. pp. (9) SZONTAGH P. (1987): Bükköseink rovarügyi problémái. In: Seprős I. (szerk.): 33. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest, MAE Növényvédelmi Társaság, 42-42. pp. (10) SZONTAGH P. (1988): A kései fagyok szerepe a bükk korai pusztulásának kárláncolatában. In: Bartha S. (szerk.): I. Magyar Ökológus Kongresszus. Budapest, 1988.04.27.-1988.04.29. MTA, 192. pp. (11) SZONTAGH P. (1989): Rovarok okozta károk bükköseinkben. *Állattani Közlemények* 75 (1-4): 107-112. pp. (12) TÓTH J. – PAGONY H. – SZONTAGH P. (1995): A magyarországi bükkösök egészségi állapota. In: *Az erdők egészségi állapotának változása*. Budapest, 1995.03.02.-1995.03.02. MTA Erdészeti Bizottság, 77-81. pp. (13) TUZSON J. (1931): A Zala megyei bükkösök pusztulása. *Erdészeti Kísérletek* 33 (3-4): 127-137. pp. (14) VAJNA L. (1995): A hazai erdők állapotromlásának patológiai értelmezése: a „leromlás” jelenség. In: *Az erdők egészségi állapotának változása*. Budapest, 1995.03.02.-1995.03.02. MTA Erdészeti Bizottság, 55-60. pp.

## BÜKKPUSZTULÁS ZALA MEGYÉBEN

MOLNÁR MIKLÓS – LAKATOS FERENC

**Kulcsszavak:** bükk, száraz évek, kártevők, gombák, kárláncolat.

### ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Megállapítható, hogy a bükkösök pusztulását a négy évig tartó szélsőségesen száraz időjárás okozta. A kárláncolatról ismereteink azonban továbbra is hiányosak. Az intenzív pusztulás ideje rövid volt a folyamatok teljes megismeréséhez. Nem ismert az *Agri-lus viridis* fejlődési időtartama. Csak feltételezzük, hogy a vizsgált erdőtömbben a két-éves fejlődés a kedvező időjárásnak köszönhetően egy év alatt végbement. Továbbra sem ismertek a pusztulásban részt vevő gombafajok, illetve azok kárláncolatban betöltött szerepe. Különösen a szinte minden beteg ágon megjelenő *Biscogniauxia nummularia* patogenitásának megállapítása igényel alaposabb kutatást.

### BEVEZETÉS

A magyarországi bükkösökben ritkán látott pusztulás ütötte fel a fejét 2003-ban. Ehhez hasonló tüneteket csak egyszer, még az 1880-as években említ a hazai szakirodalom (*Piso, 1886*). A pusztulás részletes bemutatása és feltárása azonban akkoriban nem történt meg. Ennek oka lehet a bükk korabeli alárendelt gazdasági szerepe, de oka lehet a fellépett pusztulás mértéke is, ami messze elmaradt a többi erdővédelmi probléma mögött.

A napjainkig tartó pusztulás kisebb-nagyobb intenzitással ugyan, de országsszerte több bükkös vidékünkön jelentkezett, a nyugati országrészben igen komoly károkat is okozott. A Zala megye erdeit kezelő erdőgazdaság területén 2004-ben 410,8 hektárról összesen 80 077 m<sup>3</sup> bükköt kellett a betegség miatt kitermelni, mindez közel 153 millió forint közvetlen árbevétel-kiesét jelentett az erdészetnek (*Góber, 2005*). A fellépett pusztulás okát nem volt könnyű azonosítani, csak a megjelenő tünetek alapos elemzése segített hozzá.

**Foltosodás:** az egészségesnek tűnő kérgen 1-2 cm átmérőjű fekete foltok (nedvfolyások)

jelennek meg (1. ábra). Helyük idővel fehér színűvé változik (2. ábra). A tünet előfordulása a vázágak tövi részén, esetleg a kínai bajuszok környékén jellemző, de súlyosabb esetekben a koronától a törészig bárhol előfordulhat. Előfordulnak magányos foltok, de jellemzőbb a három-négy, esetleg több foltból álló csoportok kialakulása. A tünet a törzs napsütötte oldalán gyakoribb.

**Kéregfeketedés:** a tünet szintén a koronában, a nagyobb oldalágak tövi részén jelentkezik, majd gyorsan terjed, elsősorban az ágon (3–4. ábra). Előrehaladott állapotban a törzsrészre is lehúzódik, súlyosabb esetben akár a tövi részen is megjelenhet. A megfeketedett oldalágak elveszítik leveleiket, fájuk szilárdsága lecsökken. Az ilyen ágak rendszerint lehullnak. Ha a feketedés a törzsön is megjelenik, a törzs gyakran derékba törik.

**Dudorok képződése:** az egészségesnek tűnő bükkkérgen 2-3 cm hosszú, 1-2 cm széles, jellemzően rostirányú, gyakran felrepedő dudorok jelennek meg (5. ábra). A dudorok is magasan a koronában jelentkeznek, de az előző két tünettel szemben inkább a koronában futó törzsi részen láthatók. Súlyosabb

1. ábra



Friss nedvfolyás a bükk kérgén

2. ábra



Kífehéredett folt a kérgen

3. ábra



Elfeketedett oldalág

4. ábra



A fekete ág közelről

5. ábra



Dudorok a kérgen



## 6. ábra

## A VIZSGÁLATOK



Kéregvesztés előrehaladott állapotban

esetekben ez a tünet is megjelenik a törzs tövi részén.

*Kéregvesztés:* szintén a koronában, a vágásokra jellemző, de a törzsön is előforduló tünet. A bükk kérge külső mechanikai hatás nélkül lehullik. A leesett kéregrészen rovarrágások és kirepülési nyílások láthatók. A tünet elsősorban a napsütötte törzseken, a betegség előrehaladott állapotában alakul ki (6. ábra).

*Kirepülési nyílások:* a lehullott kéregrészek, ágakon jellemzően két kirepülési nyílással találkozni: egy nagyobb 2-3 mm átmérőjű sarkos, és egy kisebb 1-2 mm átmérőjű kör keresztmetszetűvel.

*A fatest elszíneződése:* a fent leírt tüneteket hordozó ágak és törzsek bütüfelületén szinte mindig tapasztalható – helyenként igen nagy körcikket érintő – elszíneződés.

*A vizsgált terület ismertetése.* A betegség tanulmányozását a leginkább érintett Zala megyében folytattuk, terepi megfigyeléseinket Zalaegerszeg keleti határában, a Csácsi erdőtömbben végeztük. Ebben az erdőtömbben jelentkeztek ugyanis az első tünetek.

A terület termőrétege jellemzően homokos, iszapos folyami hordalékra települt löszből alakult ki, mai domborzata változatos, a tengerszint feletti magassága 196-302 m. A dombvidék-jellegnek köszönhetően sekélyebb és mélyebb termőrétegek váltogatják egymást, általában közepes, helyenként jó termőképességű talajokkal találkozhatunk. A szurdokszerű völgyekben több forrást, azok mentén pangóvízes területeket, a lejtőkön kisebb glejes foltokat is találunk. A talaj további fontos jellemzője, hogy benne – ahogy a források vizében is – nagyon magas a karbonáttartalom.

Az uralkodó széliránynak és a domborzatnak köszönhetően a környezeténél némileg hűvösebb és csapadékosabb mezoklíma jellemzi a vidéket. Ennek megfelelően a bükk is sikerrel tenyészik rajta, holott a környező vidékeken jellemzően a tölgy az uralkodó fafaj.

*A terepi megfigyelés.* A pusztulási folyamatok megfigyelésére egy 92 pontból álló hálózatot állandósítottunk a területen (a vizsgált terület 102,6 ha). Az egyes pontokhoz legközelebb eső öt bükk-törzset megjelöltük, és állapotukat értékeltük.

A betegség tünetei elsősorban a törzsön és az ágakon jelentkeztek. Az értékeléshez ezért egy négyfokozatú skálát állítottunk fel annak megfelelően, hogy az egyes törzsek milyen arányban hordozzák magukon a betegség tüneteit: A – nedvfolyás vagy dudor látható, feketedő oldalágak vannak, a korona jelentős részben elhalt; B – nedvfolyás vagy dudor látható, feketedő oldalágak vannak, a korona egésze azonban élőnek tekinthető; C – legalább egy nedvfolyás vagy dudor látható, feketedő ágak nincsenek; D – teljesen egészséges egyed.

Mivel a tünetek lombtalan állapotban láthatók igazán, az első megfigyeléseinket a vegetációs időn kívül végeztük: 2003 ősz, 2004 ősz. Ahogyan az ismereteink gyarapodtak, be kellett látnunk, hogy az egyes egyedek egészségi állapotát nem a törzseken látható tünetek, hanem a koronaállapot jellemzi igazán. Ennek megfelelően módosítottuk az értékeléshez használt skálát, és az újabb megfigyeléseinket a vegetációs időszak végén, 2005 és 2006 augusztusában végeztük. A módosított skála már jobban kifejezi az egyedek egészségi állapotát, valamint az állapot változását – annak ellenére, hogy a terepi megfigyelés éppen abban az időszakban történik, amikor a jellemző tünetek, valamint az esetleges új fertőzések alig láthatók.

Az értékeléshez használt – és a későbbiekben javasolt – skála a következő: 5 – teljesen egészséges egyed; 4 – ágvégek, kisebb oldalágak pusztultak el, a vázágak egészségesek; 3 – egy vázág pusztult el; 2 – több vázág elpusztult; 1 – a korona elpusztult, legfeljebb vízhajtásokat látni.

Az első skála használata nehezebb, mivel a dudorok és foltok észrevétele igen nagy gyakorlatot igényel. A második skálánál csak a „4” kategóriába való besorolás hordozza a tévedés valószínűségét, mivel egy-egy vékonyabb oldalág elhalása nem feltétlenül a vizsgált pusztulás eredménye.

*A xylofág rovarok meghatározása.* A xylofág rovarok megismerésére mintatörzseket döntöttünk, melyekből összesen 21 db, 35-40 cm hosszú hengert keltető ládába raktunk. A vizsgálathoz olyan törzseket választottunk, melyeken különösen sok tünet volt. A keltetéshez a tövi részből, a törzsből és a koronából is vettünk mintát.

*A mikológiai vizsgálat.* A döntött törzsek bütűjén látható elszíneződés, valamint az oldalágakon megjelenő feketedés megismerésére mikológiai vizsgálatokat végeztünk. A vizsgálatokhoz begyűjtött mintadarabokat inkubátorba tettük, majd meghatároztuk a fejlődő kórokozó szervezeteket.

*Környezeti tényezők.* Vizsgáltuk az esetleges környezeti hatásokat is. Mivel egy, a te-

rületen kanyargó erdészeti feltáróút építését, valamint egy bőséges makktermés miatt több idős állomány megbontását leszámítva szokatlan antropogén hatásokat nem találtunk, csak a klíma alakulását elemeztük részletesen. A klíma bemutatására a vizsgált területhez legközelebb eső meteorológiai állomás (Zalaegerszeg-Andráshida) hőmérséklet- és csapadékadatait használtuk fel – 45 évre visszamenőleg. Vizsgálatunkhoz a fellelhető leghosszabb adatsort használtuk, hogy minél teljesebb képet kaphassunk az erdő élete során végbement éghajlati változásokról.

## AZ EREDMÉNYEK, MEGÁLLAPÍTÁSOK

*A terepi megfigyelések.* A vizsgált állományok kora 60-122 év volt. A betegség tünetei minden részletben egyformán jelentkeztek. Nem találtunk összefüggést az egyedek szociális helyzete, az állomány kitettsége és termőhelye között sem. Tapasztalataink szerint a pusztulás mértéke erősen függ a törzseket érő napfény mennyiségétől. A bontott állományokban, az útépítés során keletkező nyitott szegélyeken, valamint a magányosan álló egyedeken sokkal több tünet látható, mint a zárt állományban álló törzseken.

Az egészségi állapot vizsgálatának legfőbb megállapítása, hogy a vizsgált négy évben jelentősen csökkent az egészséges faegyedek száma (2003: ~50%; 2006: ~20%) és a kijelölt fák harmadát kellett kitermelni a pusztulás miatt (7–8. ábra).

Az egyes visszatérések során egyre kevesebb törzset tudtunk megvizsgálni. A kár megfékezését és felszámolását célzó faki-termelések a vizsgált tömböket is érintették, valamint több beteg törzs is kidőlt. Mivel az eltűnés a betegbb törzseket érintette, az egészségi állapot romlása némileg erősebb, mint amit a 7–8. ábra mutat.

*Xylofág rovarok.* A mintákból szokatlanul nagy mennyiségben repült ki két xylofág rovar: az *Agrilus viridis* és a *Taphrorychus bicolor*. Ezeken túl számos korhadéklakó és

parazita rovarfajt sikerült meghatározunk. A szűkös terjedelmi korlátok miatt azonban ezeket a fajokat nem részletezzük. (Kérésre a szerzők a fajlistát megküldik.)

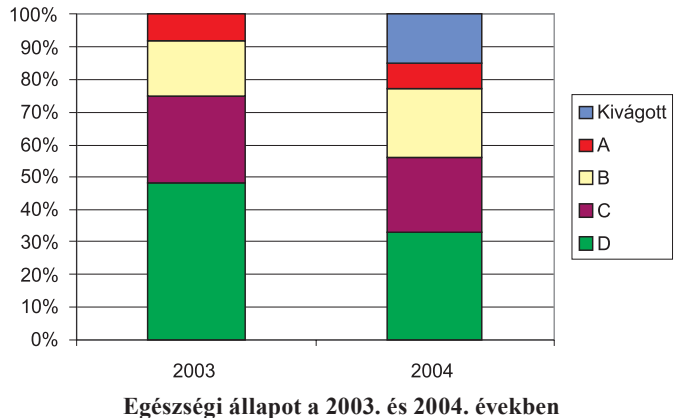
A minták további vizsgálata során megállapítottuk, hogy a dudorok az egészséges palástrészekben voltak jellemzőbbek. Kiterjedt rovarrágásokkal és kirepülési nyílásokkal jobbra a gombafertőzött bütürész felett találkoztunk. A teljesen száraz bütürészek felett meglepően sok kirepülés előtt, vagy kirepülés közben elpusztult díszbogár nemzöt találtunk.

**Mikológiai vizsgálatok.** A száraz fatesten az inkubáció után feketés elszíneződést tapasztaltunk, melynek okozói különböző konídiumos és tömlős gombák. Az élő felületen bazídiumos gombák hifáival, micéliumlemezeivel és rizomorfaival is találoztunk. A kéregfelületen *Biscogniauxia nummularia* (4. ábra) és *Nectria coccinea* volt megtalálható, elsősorban a rovarkárosított részek felületén.

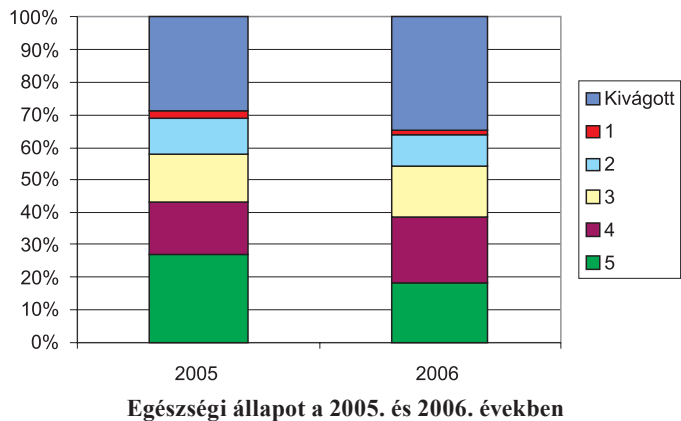
**A klíma elemzése.** A területre jellemző az évi 683 mm csapadék, aminek több mint 60%-a a vegetációs időszakban hullik. Az éves átlaghőmérséklet 9,8 °C. A legmelegebb hónap a július (átlaghőmérséklet: 19,6 °C), a leghűvösebb a január (átlaghőmérséklet: -1,1 °C). Klimatikus szempontból a termőhely nem nevezhető optimálisnak a bükk számára (9. ábra).

Az adatsorok értékelésekor megállapítottuk, hogy 2000-ig a hőmérséklet kis mértékben, de folyamatosan emelkedett (10. ábra), ezzel párhuzamosan a csapadék mennyisége

7. ábra



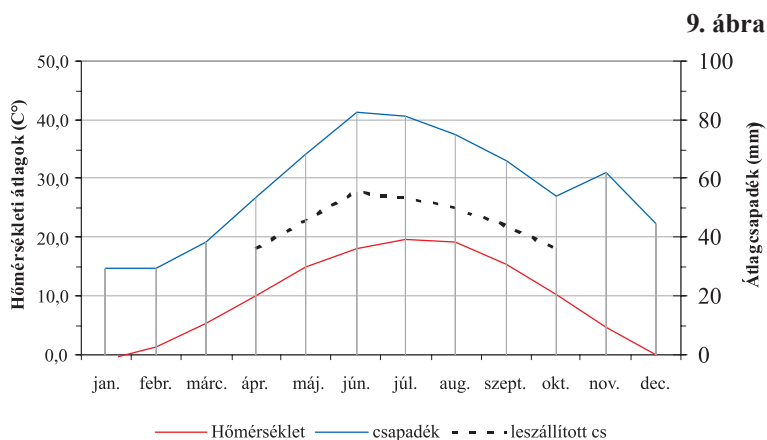
8. ábra



folyamatosan csökkent (11. ábra). A csapadék mennyiségének csökkenése mellett annak eloszlásában is változás történt. A vegetáció számára fontos tavaszi-nyári csapadékok mennyisége csökkent, a nyárvégi csapadékok össze tolódtak (12. ábra).

Az ezredforduló utáni adatokat szemlélve látható, hogy a vegetációs időszak csapadékaiknak közel 35%-a elmaradt, de az enyhülést hozó 2004. év is szárazabb volt az átlagosnál. Ezzel párhuzamosan az átlaghőmérséklet jóval meghaladta a sokéves átlagot. A párolgatási kényszer különösen a 2000. és a 2003. évben volt jelentős (1. táblázat).





**Csapadék- és hőmérséklet-eloszlás, klímabesorolás (1961–2005)**

**1. táblázat**

**Csapadékösszeg- és átlaghőmérséklet-adatok**

	Csapadékösszeg (mm)			Átlaghőmérséklet (°C)		
	éves összeg	április- szeptember	október- március	éves átlag	április- szeptember	október- március
1961–2005	683	426	257	9,8	16,2	3,4
2000	445	271	174	12,1	18,3	6,1
2001	459	327	132	11,1	17,1	5,0
2002	504	336	168	11,7	17,7	5,8
2003	436	270	166	11,1	18,8	3,4
2004	588	329	259	10,5	16,7	4,4

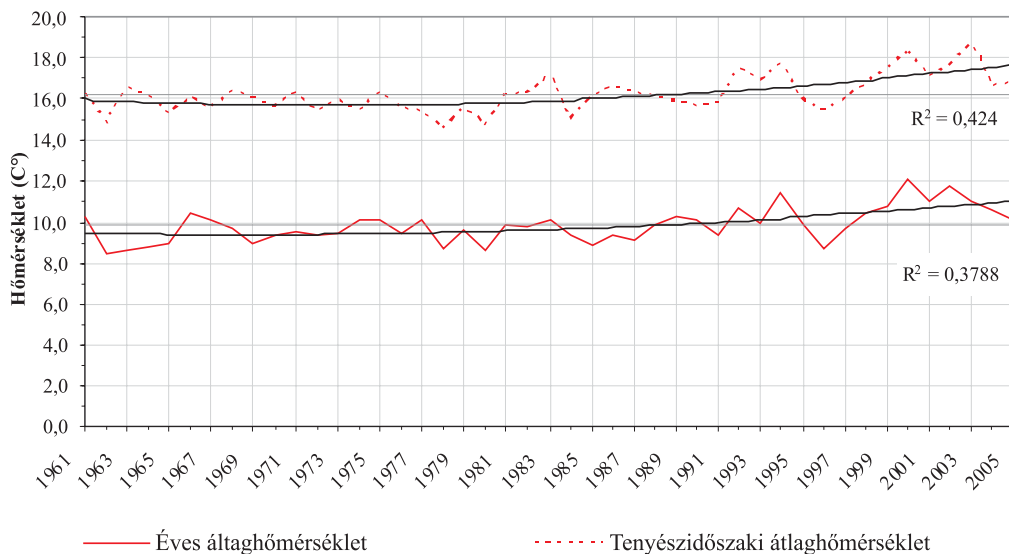
A csapadékösszeg- és az átlaghőmérséklet értékeit élettani hatásuknak megfelelően súlyozó Pálfi-féle aszályossági index adataiból megállapítható, hogy az ezredfordulót követő aszályhoz hasonló mértékű szárazság volt 1992-93-ban is (13. ábra).

Az elmúlt 45 évben a magyarországi bükkösök szempontjából igen kedvezőtlen időjárási változások mentek végbe. A hőmérséklet folyamatosan emelkedett, a csapadékmennyiség csökkent, eloszlása rossz irányban változott. A nyári csapadékok elmaradásának élettani hatását kevésbé tudja ellensúlyozni a viszonylag bőséges őszi csapadék. Ha ezek a folyamatok tartósak, a bükk elterjedési terü-

letének szűkülését vonják maguk után. A hāttermőhelyeken álló bükkösök különösen érzékenyek az éghajlati szélsőségekre. Az 1990-es évek első felében tapasztalt aszály jelentős hervadást, csúcsháradást váltott ki az állományokban. Az aszályt követő csapadékos évek megakadályozták az állományok további gyengülését, és segítették a regenerálódást. A 2000. évben kezdődő aszály azonban elhúzódott, az állományok éveken keresztül hervadással, korai lombvesztéssel, száradással küszködtek.

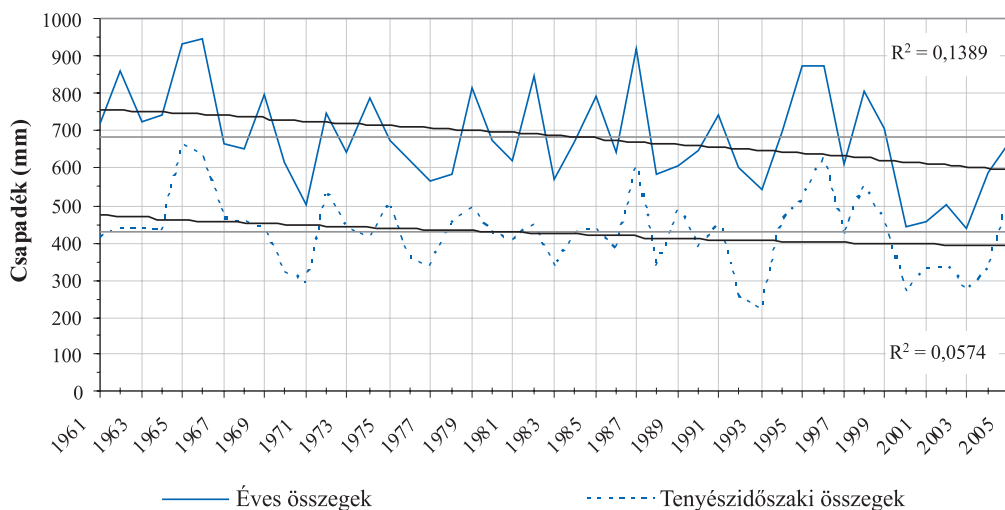
Véleményünk szerint a 2003-ban fellépett tömeges pusztulás egy kárláncolat eredménye. Az egyes törzsek elhalását kiváltó, a be-

10. ábra



Átlaghőmérséklet alakulása és trendje (1961–2005)

11. ábra

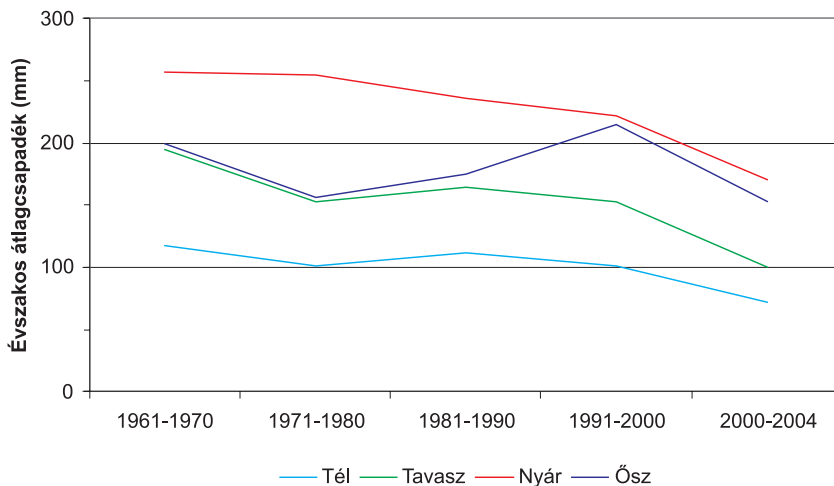


Csapadék mennyiségének alakulása és trendje (1961–2005)

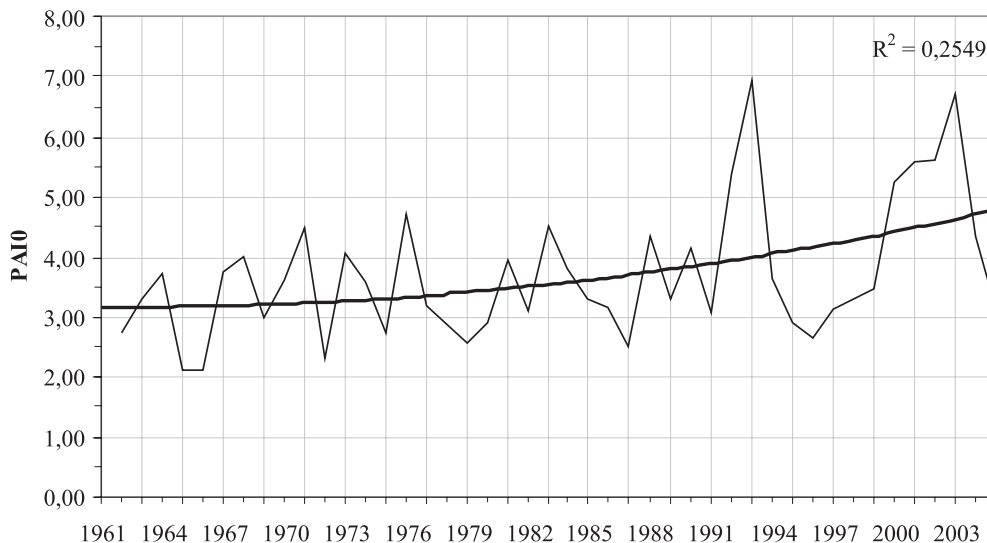
gyűjtött mintákból szokatlanul nagy számban kikelt *Agrilus* és *Taphrorychus* fajok elszaporodását az aszály miatt bekövetkezett vitalitásvesztés tette lehetővé.

A pusztulás során a törzsek faanyaga erősen gombafertőzötté vált. A megvizsgált törzsek alapján feltételezzük, hogy a rovar- és gombakártétel között kapcsolat van. Álc-

12. ábra



Csapadékeloszlás változása (1961–2004)



Pálfi-féle aszályossági index és trendje (1961–2005)

járatok és kirepülési nyílások ugyanis jellemzően a gombafertőzött bütörész felett találhatók. Véleményünk szerint a rovarálcák befurakodásukkor utat nyitnak, esetleg már

magukon hordozzák bizonyos gombafajok spóráit. A behatolás során a rovar, és az esetlegesen odakerülő gomba is megpróbál terjeszkedni. A gombafertőzés által tovább

gyengített fatest optimálisabb étletteret jelent a rovaroknak. A gombával nem fertőzött fatest felett jóval ritkábbak a kiterjedt rágások, kirepülési nyílások. Ezekben a részekben jellemzően dudorok képződnek. A dudorokban álca nem fejlődik, megjelenésük a lokális gyógyulási folyamat jele. A dudorosodás miatt egyenlőtlenül vastagodó, a járatokra rányövé évgyűrűpalást torz növekedésének eredménye. Fontos megállapítás az is, hogy az *Agrilus viridis* számára a teljesen elszáradt fatest már nem jelent megfelelő étletteret.

A 2005. év kedvező időjárásának köszönhetően új tünetekkel 2005-ben alig, 2006-ban egyáltalán nem találkoztunk. A pusztulás terjedése megállt, azonban a már beteg törzsek egészségi állapota némileg romlott.

A faállományok egészségi állapotának bemutatására felállított skála alkalmazása hordoz némi szubjektivitást, ennek ellenére használatát egy későbbi vizsgálathoz is javasolni tudjuk. A tünetek ugyanis magasan a koronában futó törzsrészen, az ágak tövi részén jelentkeznek, kezdetben igen nehezen észrevehetők. Emellett a korona vitalitása sokkal jobban tükrözi az egyedek egészségi állapotát, mint a törzseken található tünetek mennyisége.

Számtalan egyed pusztult el úgy, hogy törzsén viszonylag kevés tünetet hordozott, miközben sok erősen fertőzött egyed rendszeresen koronát bontott. Ezek az egyedek később akár fel is épülhetnek. Tapasztalataink szerint csak a *Biscogniauxia nummularia*-val fertőzött ágak, koronarészek pusztulnak el. A gomba annyira lecsökkenti az ágak szilárdságát, hogy azok gyakran üde, leveles állapotban is letörnek. A gombafertőzés nélküli rovarjáratokat – kiterjedésüktől függően – elnövi a fa.

Összességében kijelenthető, hogy a bükösök pusztulását a négy évig tartó szélsőségesen száraz időjárás okozta. A kárláncolat terén azonban ismereteink továbbra is hiányosak. Az intenzív pusztulás ideje rövid volt ahhoz, hogy a folyamatokat teljesen megismerjük. Nem ismert az *Agrilus viridis* fejlődési időtartama. Csak feltételezzük, hogy a vizsgált erdőtümbben a kétéves fejlődés a kedvező időjárásnak köszönhetően egy év alatt végbement. Továbbra sem ismertek a pusztulásban részt vevő gombafajok, illetve azok kárláncolatban betöltött szerepe. Különösen a szinte minden beteg ágon megjelenő *Biscogniauxia nummularia* patogenitásának megállapítása igényel alaposabb kutatást.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) GÓBER Z. (2005): A Zalaerdő Rt. kezelésében lévő területeken 2004-ben végbement erdőpusztulás értékelése. Erdészeti Lapok 140, 156-159. pp. (2) PISO K. (1886): A Máramaros megyében 1885. évben előfordult káros rovarokról. Erdészeti Lapok 25, 795-798. pp.

# AZ INSZOLÁCIÓ VÁLTOZÁSAINAK HATÁSA AZ ERDŐK VÍZHÁZTARTÁSÁRA

VIG PÉTER

**Kulcsszavak:** inszoláció, csapadékjárás, tényleges és potenciális evapotranszspiráció.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az utóbbi évtizedben az időjárásban új jelenség tűnt fel: az éves csapadékösszeg mennyiségének csökkenése megállt, legalábbis lelassult, miközben a csapadékjárás jellege is átalakult: ritkábban esik, de nagyobb hozamú csapadék. Emellett a napfénytartam éves összege, ezzel együtt a felszín sugárzási egyenlege megnőtt. A lehullott csapadék hasznosulásának mértéke romlott, s a csapadékmentes időszakokban megnövekedett párolgatótási kényszer (potenciális evapotranszspiráció) következtében az erdei ökoszisztémákban megnőtt a talajban tartalékolható vízkészlet szerepe. Az erdei mikroklima-mérések igazolják a tényleges (TET) és potenciális (PET) evapotranszspiráció közötti különbségnek a sugárzási egyenleg által irányított változásait. Az ariditás fokozódása a csapadékcsökkenési tendenciák gyengülése ellenére megmaradt.

## BEVEZETÉS

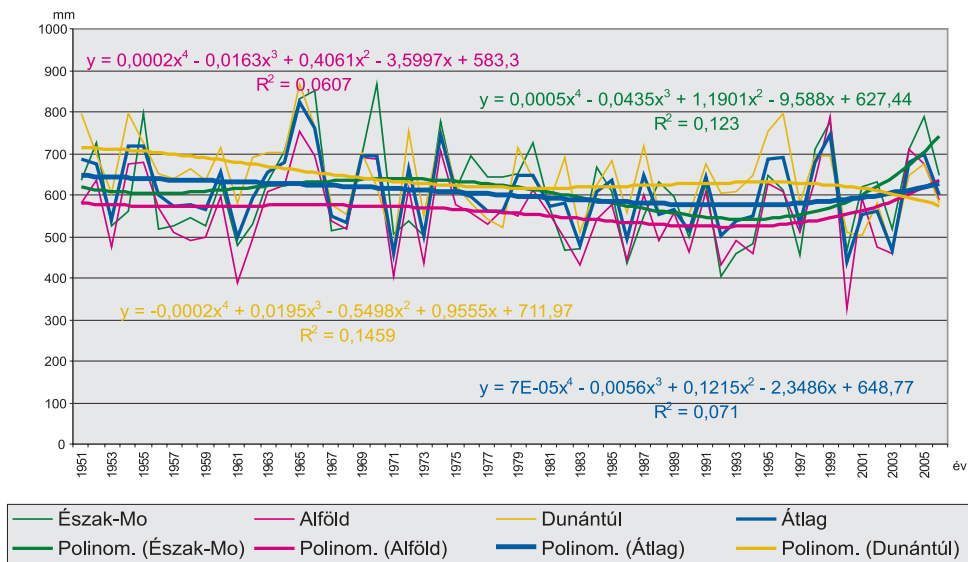
Az elmúlt négy évtized hőmérsékleti és csapadékadatsorait vizsgálva a kilencvenes évek közepéig általában a hőmérséklet emelkedését és a csapadékösszeg csökkenését lehetett nyomon követni. Az utóbbi évtizedben azonban a faállományokban a klimatikus viszonyok szárazabbá válásának jelei az évi csapadékösszegek enyhe emelkedése mellett is mutatkoznak, miközben a hőmérsékleti trendek változatlanul emelkednek. Indokolt tehát az aktív felszín energiaháztartási komponenseinek vizsgálata. Ez az energia-bevételi többlet csupán az üvegházhatás erősödéséből táplálkozik-e, vagy erősödik a rövidhullámú spektrumban is a sugárzási fluxus? Az időjárási havi jelentések alapján a napfénytartam a hazai állomásokon általában növekvő tendenciát mutat, a magasabb csapadékösszegek ellenére. Ez összecseng azokkal a megfigyelésekkel, amelyek szerint nem a csapadékesemények száma, inkább azok

hozama növekszik. A fenti adatokból mind a rövidhullámú, mind a teljes sugárzási egyenleg kiszámítható. Az így nyert adatokkal a potenciális evapotranszspiráció változásaira, majd az éghajlati vízmérleg alakulására következtethetünk. A sugárzási egyenleg-csapadékösszeg viszonyán alapuló *Budiko-féle* ariditási index trendjei jól alátámasztják a klimatikus viszonyok szárazabbá válásáról alkotott képet.

## AZ ÉVI CSAPADÉKÖSSZEG ÉS AZ ÉVI KÖZÉPHŐMÉRSÉKLET VÁLTOZÁSAI

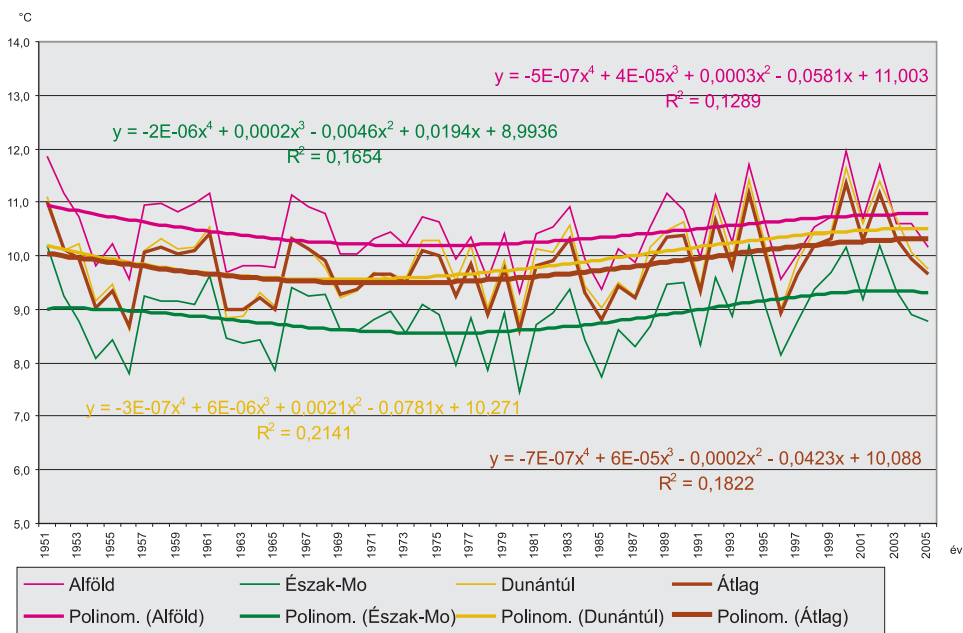
Az *időjárási* havi jelentésekben közölt adatok alapján 1951 és 2005 között az évi csapadékösszeg az Alföldön és Észak-Magyarországon a kilencvenes évek közepéig csökkent, majd a legutolsó évtizedben emelkedni kezdett. A korábban legcsapadékosabbnak ítélt Dunántúlon a csökkenési tendencia

1. ábra



Az évi csapadékösszeg változásai Magyarország nagytájain, 1951–2005

2. ábra



Az évi középhőmérséklet változásai Magyarország nagytájain, 1951–2005

megmaradt, itt inkább csak a csökkenés mértékének üteme változik az idővel. Az országos átlag szintén emelkedő tendenciát mutat az utolsó évtizedben (1. ábra).

A hőmérséklet változásának tendenciái az ötvenes és hatvanas években enyhe csökkenést, ezután pedig egyre gyorsuló növekedést mutatnak. Ennek a növekedésnek az üteme a Dunántúlon gyorsabb, mint az ország más területein (2. ábra). Ez a kép összecseng Szalai és Szentimrey homogenizált adatokra alapozott véleményével (Szalai – Szentimrey, 2001).

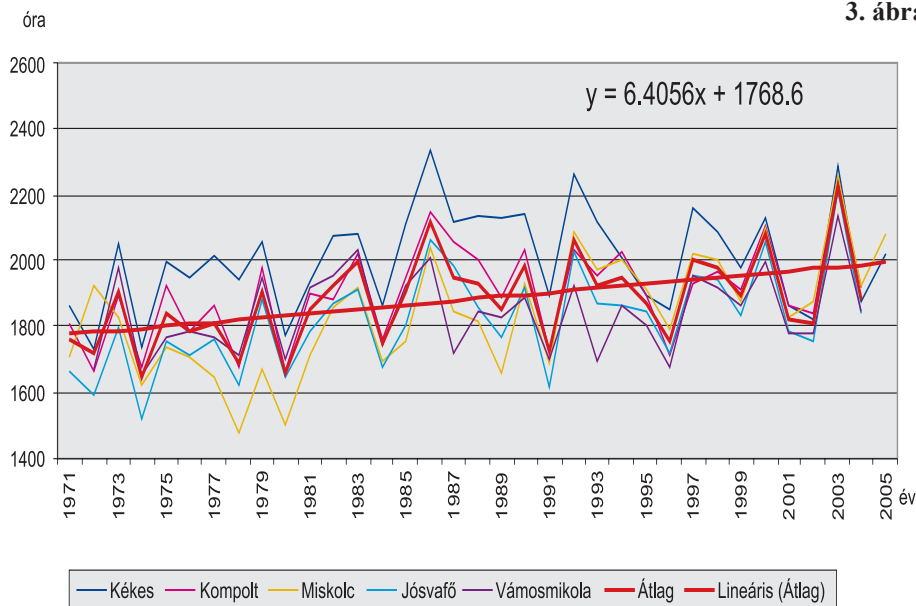
### AZ INSZOLÁCIÓ

A felszín sugárzásháztartására vonatkozó hosszabb időszakra hozzáférhető adat a napfénytartam. Példaképpen az Északi-középhegység éves napfénytartam-összegének változásait mutatja be a 3. ábra.

Meglepő, hogy az utóbbi harmincöt évben átlagosan évente mintegy 6,4 órával nőtt a

napfénytartam a térségben. Ez egyértelműen a borultság mértékének csökkenésével magyarázható, ami az utolsó 10 évben következett be, miközben a csapadék éves összege növekedett. Ez is alátámasztja azt a megállapítást, amely szerint a globális felmelegedésből adódóan az atmoszférikus hidrológiai ciklus felgyorsul, s ennek következtében a csapadékesemények hozama nő, a csapadékgyakoriság pedig csökken (Bartholy et al., 2004). A napfénytartam növekedésének egyenes következménye a globális sugárzás-összeg növekedése. Ehhez még hozzájárul a szulfát-aeroszol légköri koncentrációjának az utóbbi évtizedekben bekövetkezett örvendetes csökkenése, amelyből azonban az aktív felszín sugárzási egyenlegének még erőteljesebb növekedése következik. A felszín sugárzási egyenlegének növekedését segíti elő a sztratoszférikus ózonkoncentráció korábbról eredeztethető csökkenése, és természetesen az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának folyamatos emelkedése is. A napfénytartamból a Dávid, Takács és Tirin-

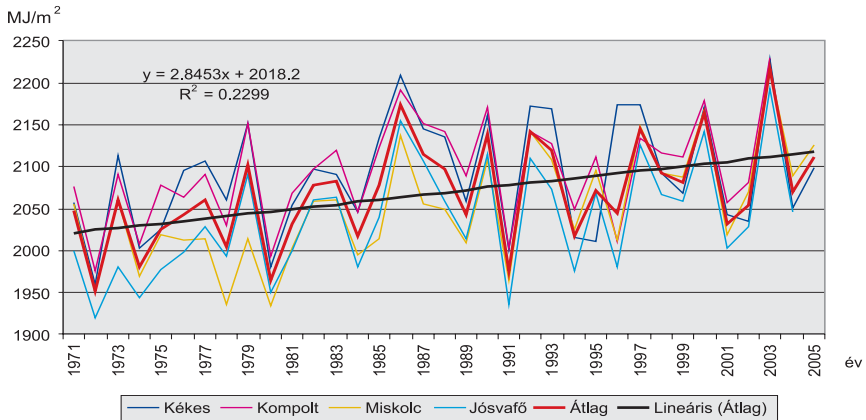
3. ábra



A napfénytartam éves összegének változásai az Északi-középhegységben, 1971–2005

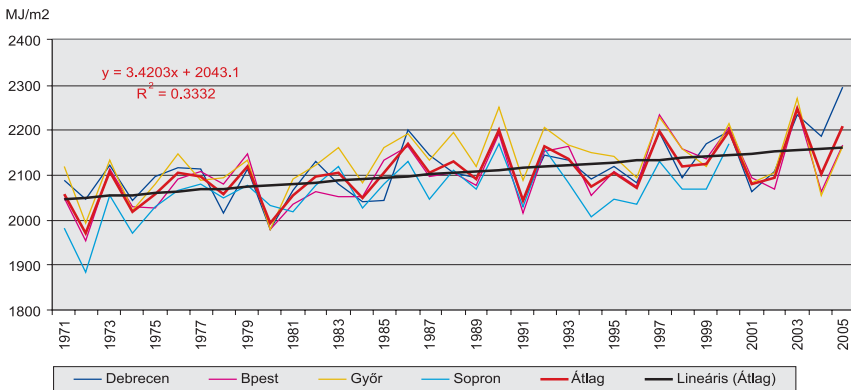


4. ábra



Az évi sugárzási egyenleg változása az Északi-középhegységben, 1971–2005

5. ábra



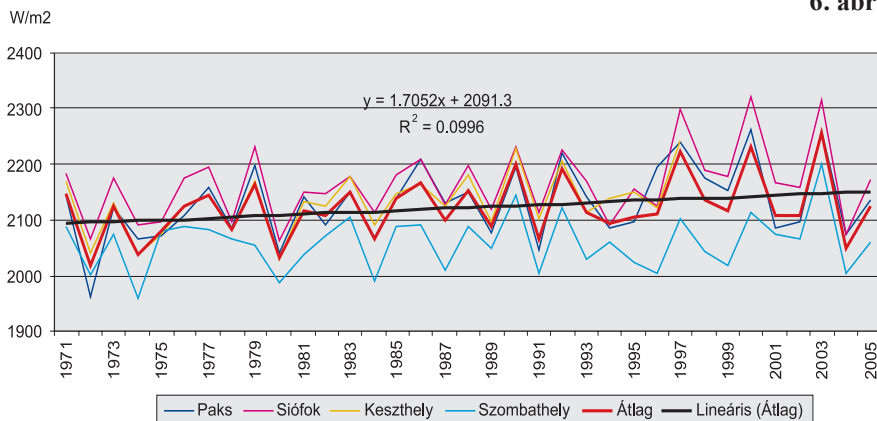
Az évi sugárzási egyenleg változása a 47,5° szélességi kör mentén, 1971–2005

ger (1990) szerzőhármass által leírt módon számítható a globálisugárzás és az éves sugárzási egyenleg. Előnye a módszernek, hogy a sugárzási egyenleg számításához figyelembe veszi a térség területhasználatától függő átlagos albedóját és a hóborítottsági viszonyait is. A 4–6. ábra az említett módon számított sugárzási egyenleg változásait mutatja be az ország különböző tájain.

A csapadékösszeg és a sugárzási egyenleg növekedése látszólag pozitív összhatást eredményez, növekedhet a biomassza-produkció.

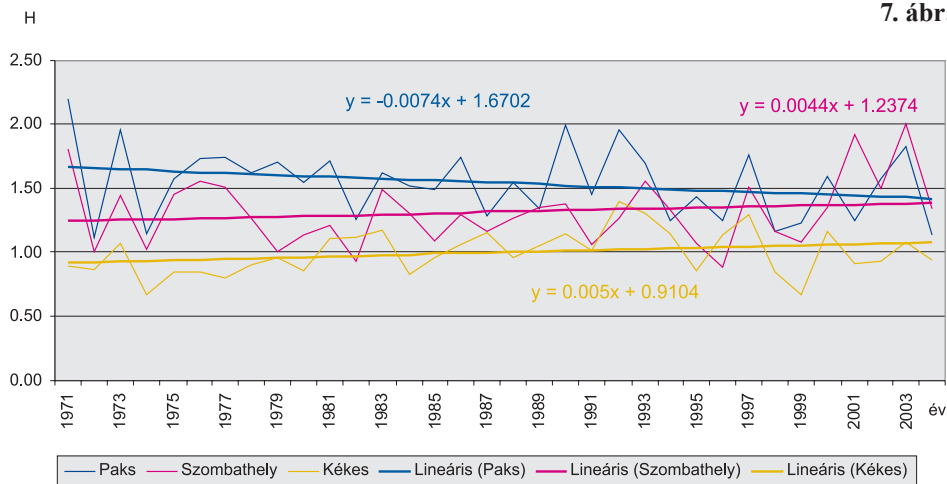
Sajnos a valóságban ez nem teljesül maradéktalanul. A csapadékeloszlás változásaiából ugyanis a nagycsapadékok gyakoriságának emelkedésével az elfolyó víz hányadának növekedése jár együtt, és ez csak a tavak vízháztartásán javít. A hosszabb csapadégmentes időszakok során kialakuló intenzívebb párolgatótási kényszer pedig többnyire az ariditás fokozódásához vezet. Finomabb elemzések híján nagyvonalúbb ítéletek meghozatalához a Budiko-féle ariditási index a legkézenfekvőbb, amely a sugárzási egyenleg és a lehul-

6. ábra



Az évi sugárzási egyenleg változása a Paks–Szombathely vonal mentén, 1971–2005

7. ábra



A Budiko-féle ariditási index változása Paks, Szombathely és Kékes térségében, 1971–2005

lott csapadék elpárologtatásához szükséges energia hányadosából képezhető. A 7. ábra az ariditási index változásainak az országban tapasztalható tendenciáiból ad ízelítőt.

Az ország nagyobb részén a csapadék-összeg növekedésénél nagyobb ütemű a su-

gárzási egyenleg növekedésének ariditást fokozó hatása, míg a Mezőföldön a korábbi határozottan arid jelleg enyhült. Az erdőszűl-  
tebb tájakon azonban inkább az ariditás fo-  
kozódása a jellemző. Különösen érdekes az  
ariditás növekedése a Nyugat-Dunántúlon.

## AZ INSZOLÁCIÓ MIKROKLIMATIKUS HATÁSA

A kilombosodott faállományban a koronaszint viselkedik aktív felszínként. Reflexiós tulajdonságaitól függ az albedo, emisszivitásától a radiáció mértéke, a felszín sugárzási egyenlege pedig a hőmérsékleti viszonyokat alakítja ki. Az alábbiakban a Sopron 171G erdőrészletben működő 30 m magas mikroklíma-mérőtorony adatai alapján követjük az inszoláció hatását a középkorú bükkös párolgási viszonyaira.

A felszín sugárzási egyenlege:

$$E_s = (1-a) * G - e * s * T^4 + V$$

ahol

a: albedo (%)

G: globálisugárzás-összeg (MJ/m<sup>2</sup>)

e: emisszivitás

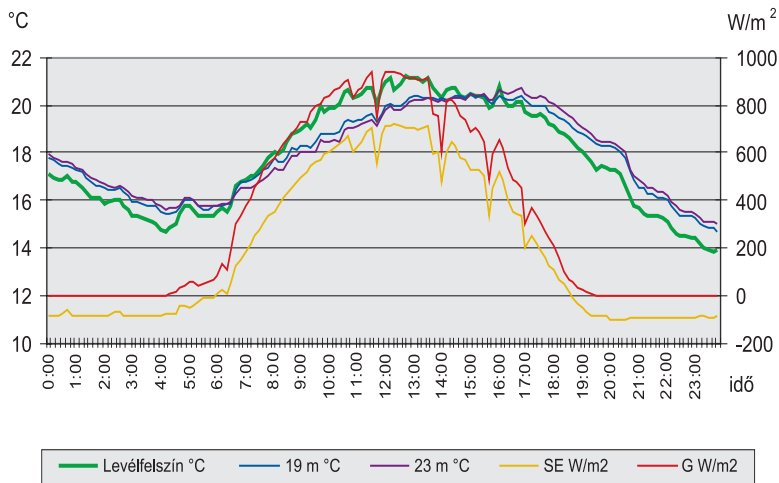
s: Stefan-Boltzmann állandó

T: a felszín hőmérséklete (K)

V: a légkör hosszuhullámú visszasugárzása (MJ/m<sup>2</sup>)

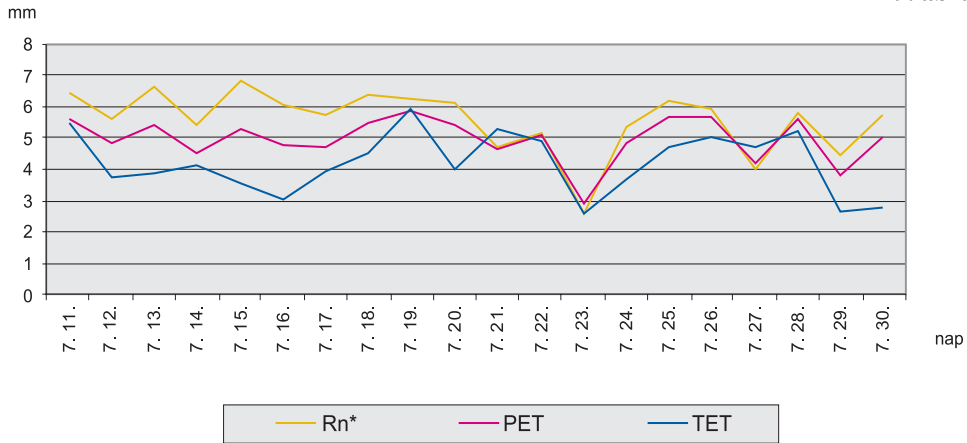
Ezek a folyamatok jól követhetők a 8. ábrán, amely egy derült nyári nap (2006. július 15.) sugárzási és hőmérsékleti menetét mutatja be egy középkorú bükkös koronafelszínének környezetében. Az ábrán feltüntettük a felszínre érkező globálisugárzás intenzitását: (G, W/m<sup>2</sup>), a sugárzási egyenleg alakulását: (SE, W/m<sup>2</sup>), a levélfelszín hőmérsékletét, a koronafelszín szintjében (19 m) tapasztalható léghőmérsékletet, valamint a külső tér (23 m) léghőmérsékletét (°C). Napkelte előtt kb. -100 W/m<sup>2</sup>-es sugárzási egyenleg alakul ki, amelynek következtében a levélfelszín folyamatosan hűl. A környezetében lévő levegő hőmérséklete mintegy 0,8 °C különbséggel követi ezt a lehülést, a négy méterrel magasabban lévő szintben a léghőmérséklet néhány tized fokkal magasabb. Napkelte után mintegy másfél órával, amikor a sugárzási egyenleg pozitívvá válik, a hőmérséklet-változások előjelet váltanak, és a legmelegebb a levélfelszín lesz. Delelés után mintegy másfél órával a levélfelszín hőmérséklete elkezd csökkenni, ez a változás azonban a levegő hőmérsékletében csak később következik be, míg nem újra beáll a napkelte előtti hőmérsékletjárás. Érdekes, hogy

8. ábra



A sugárzási és hőmérsékleti viszonyok napi menete egy bükkös koronafelszínén egy derült nyári napon

9. ábra



**Az ekvivalens sugárzási egyenleg ( $Rn^*$ ), a potenciális (PET) és tényleges (TET) evapotranszspiráció a bükkösben, 2006 júliusának két dekádjában**

egy-egy felhő megjelenésére is milyen érzékenyen reagál a felszín.

A sugárzási egyenleg energiája fölmelegíti az aktív felszínt. Ez az energia részben szenzibilis hő formájában jelenik meg, a levél melegszik, ezt az energiát átadja a környező levegőnek, amely az advekción útján elszállítja azt. Az energia hasznosulásának másik módja az evapotranszspiráció, amelynek során látens hővé alakul a sugárzási energia. Amennyiben a felszín rendelkezik elpárologtatható vízzel, ez a folyamat használja fel az energia nagyobb hányadát.

A felszín energiahasznosítása:

$$E_s = Q_{ET} + Q_L + Q_T + Q_B$$

ahol

$Q_{ET}$ : az evapotranszspiráció energiafelvétele

$Q_L$ : a levegő hőenergia-felvétele

$Q_T$ : a talaj energiafelvétele

$Q_B$ : a növényzet energiafelvétele

A potenciális evapotranszspiráció mértékét azonban nem csupán a sugárzási egyen-

leg, hanem a levegő relatív páratartalma és mozgása is befolyásolja.

Amennyiben az erdő elegendő vízzel rendelkezik, annyi vizet párologtat el, amennyit a meteorológiai tényezők megkívánnak. Amikor azonban a vízellátottság nem teljes, a tényleges evapotranszspiráció mértéke csökken, ilyenkor a sugárzási energiából kevesebb alakul át látens hővé, és a szenzibilis hő aránya (Bowen-arány) megnövekszik.

Bowen-arány: szenzibilis hő/latens hő

$$B = (Q_L + Q_T + Q_B) / Q_{ET}$$

Ez együtt jár a levegő páratelítettségi hiányának növekedésével, amelyből a párologtatási kényszer erősödése következik. A faállomány egyre nagyobb mértékben kényszerül a talaj víztartalékait hasznosítani, mindaddig, amíg a talajban van felvehető (diszponibilis) víz. Ezt az öngerjesztő folyamatot a csapadékhullás fékezheti, illetve fordíthatja vissza.

A 9. ábra két júliusi dekád sugárzási és párolgási viszonyait mutatja be a már említett középkorú bükkösben. A sugárzási egyen-

leget itt párolgás-ekvivalens sugárzási energiaként ( $R_n^*$ ) ábrázoljuk, vagyis azon csapadékréteg magasságával, amit elpárologtatni képes lenne. A Penman-módszerrel számított potenciális evapotranszspiráció mértéke (PET):

$$PET = \frac{\Delta * R_n / L + E_a}{\Delta + \gamma}, (\text{mm} * \text{idő}^{-1})$$

ahol

- $\Delta$ : a vízre vonatkozó telítési görbe hajlásának  $1^\circ\text{C}$ -ra eső értéke ( $\text{hPa}/^\circ\text{C}$ )
- $R_n^*$ : a felszín energia-háztartási egyenlege (sugárzás + advekció) ( $\text{J} * \text{cm}^{-2} * \text{idő}^{-1}$ )
- $L$ : a párolgáshő ( $2,5 \text{ MJ} * \text{kg}^{-1}$ )
- $E_a$ : a szél által előidézett párolgás mértéke (mm)
- $\gamma$ : a pszichrometrikus állandó

A Penman-Montheith képlettel számított tényleges evapotranszspiráció (TET):

$$TET = \frac{R_0 - S + \rho * c_p * (E - e) * 1/r_a}{\Delta + (1 + r_c / r_a)}, (\text{mm} * \text{idő}^{-1})$$

ahol:

- $R_0$  = a felszín sugárzási egyenlege ( $\text{J} * \text{cm}^{-2} * \text{idő}^{-1}$ )

- $S$  = a talaj hőforgalma ( $\text{J} * \text{cm}^{-2} * \text{idő}^{-1}$ )
- $\rho$  = a levegő sűrűsége ( $\text{g} * \text{cm}^{-3}$ )
- $c_p$  = a levegő fajhője ( $\text{J} * \text{g}^{-1} * \text{K}^{-1}$ )
- $(E - e)$  = a telítési hiány (hPa)
- $r_a$  = a szélsébségtől függő légköri diffúziós ellenállás
- $r$  =  $200 * \text{LAI}^{-1}$  (LAI = levélfelületi index)

A 9. ábrából kitűnik, hogy a potenciális párolgás elég konzekvensen követi a sugárzás intenzitásának változásait, a tényleges párolgás azonban minthogy bonyolultabb, elsősorban növényfiziológiai folyamatok által is befolyásolt jelenség, helyenként nem igazodik a meteorológiai hatásokhoz. Azt azonban az ilyen egyszerű egybevetésből is látjuk, hogy a tényleges párolgás növekvő sugárzási egyenleg hatására általában távolodik a potenciálístól.

A fentiekből következik, hogy a korábban említett szárazodási folyamatot a sugárzási egyenleg növekedése iniciálja. A Bowen-arány növekedésével magasabb lesz a felszín és a felszín közeli légréteg hőmérséklete. Ez már évtizedes nagyságrendben érzékelhető, több esetben a Walter-diagram segítségével is kimutatható mértékben.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – MATYASOVSKY I. – SCHLANGER V. (2004): A globális klímaváltozás várható tendenciái a Kárpát-medence területére. In: Mátyás – Vig. (szerk.): Erdő és klíma IV. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron. 57-68. pp. (2) BUDIKO, M.I. (1971): Klimat i zszny. Hidrometeorologiceszkoe izdatelsztvo, Leningrád (3) DÁVID A. – TAKÁCS O. – TIRINGER CS. (1990): A sugárzási egyenleg eloszlása Magyarországon az 1951-1980-as időszak adatai alapján. OMSZ, Budapest (4) MONTHIEITH, J. L. (1975): Vegetation and the Atmosphere. Academic Press, London (5) PENMAN, H. L. (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Royal Meteorol. Soc. A 193. 120-145. pp. London (6) SZALAI S. – SZENTIMREY T. (2001): Melegedett-e Magyarország éghajlata a XX. században? OMSZ, Budapest

# A BIZTOSÍTÁSOK SZEREPE A GYÜMÖLCSÜLTETVÉNYEK KÁRENYHÍTÉSÉBEN

SÜTŐ SZILVIA – ERTSEY IMRE

**Kulcsszavak:** biztosítás, gyümölcsültetvények, Nemzeti Agrár-Kárenyhítési Rendszer, mezőgazdasági biztosítóegyesületek, NEFELA.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A 2007-es esztendő a természeti katasztrófák jegyében telt Magyarországon. A Magyar Agrárkamara szerint a 2007. tavaszán bekövetkezett természeti károk (áprilisi, májusi fagy, jégverés, aszály) mértéke 100 milliárd forintra becsülhető. Mintegy 250 ezer hektárnyi termőterületen okozott kárt a fagy és az aszály. Magyarországon jelenleg négy biztosítótársaság foglalkozik mezőgazdasági biztosításokkal. Bevételeik 2003-ban megközelítette a 20 milliárd, 2004-ben viszont alig haladta meg a 6,6 milliárd forintot. A biztosítási díj nagymértékű csökkenése mögött az állam azon intézkedése húzódik meg, hogy 2004-től megszűnt a díjtámogatás, mely 1996-tól lehetővé tette a gazdák számára, hogy a biztosításra kifizetett összeg 25-30%-át visszaigényelhessék. Az állami támogatás újbóli bevezetése nagyban elősegítené a mezőgazdasági biztosítások számának növekedését. A nemzeti agrár-kárenyhítési rendszerről szóló törvényt tavaly ősszel fogadták el. Ez a jogszabály kimondja, hogy az üzleti alapon nem biztosítható agrárkárok mérséklése az állam és a gazdálkodók közös kockázatvállalása alapján történhet. A rendszer bevezetését az indokolja, hogy az uniós szabályok szerint csak olyan módon lehet az elemi károk okozta veszteséget enyhíteni, ha abban az érintettek is részt vesznek.

## BEVEZETÉS

A mezőgazdasági termelés igen kockázatos tevékenység, hiszen nagymértékben kitett a véletlen hatásoknak. Várható, hogy a jövőben a kockázatelemzés és -kezelés a mezőgazdaságban nagyobb szerepet kap (*Hardaker et al., 2004*).

## A TERMÉSZETI KOCKÁZAT ELEMI KÁRAI

Az 1. táblázatban mutatjuk be a biztosítói, az agrárkamarai és a szaktárca 38 évet felölelő felmérései alapján a mezőgazdaságban előforduló károk típusait és azok megoszlását, 2006-tal bezárólag. A kár, veszteség

mértéke évjárártól függően a szántóföldi növénytermelés és a kertészet termelési értékének 3-10%-a között alakult.

A hazai, illetve a külföldi tapasztalatok azt mutatják, hogy a biztosítótársaságokkal kötött szerződések helyett a termelők inkább a technikai biztonságot helyezik előtérbe. A 2. táblázatban az extrém időjárási hatások elleni technológiai védekezés lehetőségeit mutatjuk be Magyarországon (*Soltész et al., 2004*).

A virágzás késleltetése a tavaszi fagyok megelőzésének egyik leghatékonyabb és leggazdaságosabb módja (*Szabó, 2004*). A virágzás kori lehülés idején az egyik leghatékonyabb módszer a virágzás kori permetező öntözés. Ahol nem minden évben, vagy virágzás kor csak egy-két éjjel csökken a kritikus érték alá a hőmérséklet, ott para-

finkannákkal is lehet védekezni. A jég elleni védekezésben a jégvédő hálónak van kiemelt jelentősége, de sikeresen alkalmazzák a légköri jégelhárító rendszert. A jelentős beruházást megelőzően – Spanyolországban a jégvédő háló hozzávetőleges beruházási költsége 9000-12 000 euró/hektár – azonban részletesen elemezni kell az ültetvény adottságait, a gyümölcs piaci helyzetét és a beruházás, illetve kárelhárítás gazdaságosságát (Csete – Nyéki, 2006).

Magyarország jégkárhányadára vonatkozó 110 éves adatsort az 1. ábrán mutatjuk be.

A hosszú idősor adatait elemezve négy, egymástól eltérő ciklus különíthető el, amely

**1. táblázat**  
**A szántóföldi növénytermelésben és a kertészeti kultúrákban előforduló károk**

Kártípus	Megoszlás %
Fagykár	14,9
Aszálykár	39,1
Jég-viharkár	22,3
Belvíz	21,1
Egyéb elemi kár	2,6
Összesen	100,0

*Forrás:* FVM felmérések, Magyar Biztosítók Szövetsége, biztosítók adatai

**2. táblázat**  
**Az extrém időjárási hatások elleni technológiai védekezés gyakorlata Magyarországon**

Extrém időjárási hatás	Védekezési mód	Védekezési mód előfordulási jellege		
		régebben alkalmazták, ma nem	jelenleg kísérleti stádiumban van	mai üzemekben is alkalmazzák
Téli fagykár	Fák törzsének meszelése			x
	A fa szállítópályáinak vegyszeres regenerálása		x	
	Növények takarása			x
Tavaszi fagykár	Virágzási idő késleltetése öntözéssel	x		
	Virágzási idő késleltetése vegyszerrel	x		
	Szélvédő erdősáv			x
	Öntözés			x
	Fűtés kályhával	x		
	Fűtés viaszgyertyával			x
	Füstölés, ködképzés			x
	Légkeverés szélgéppel			x
	Kötődésfokozás vegyszerrel (körte)	x		
Jégkár	Terméskötődési potenciál növelése bórtrágyával			x
	Védőháló			x
	Jégeső-elhárítás			x

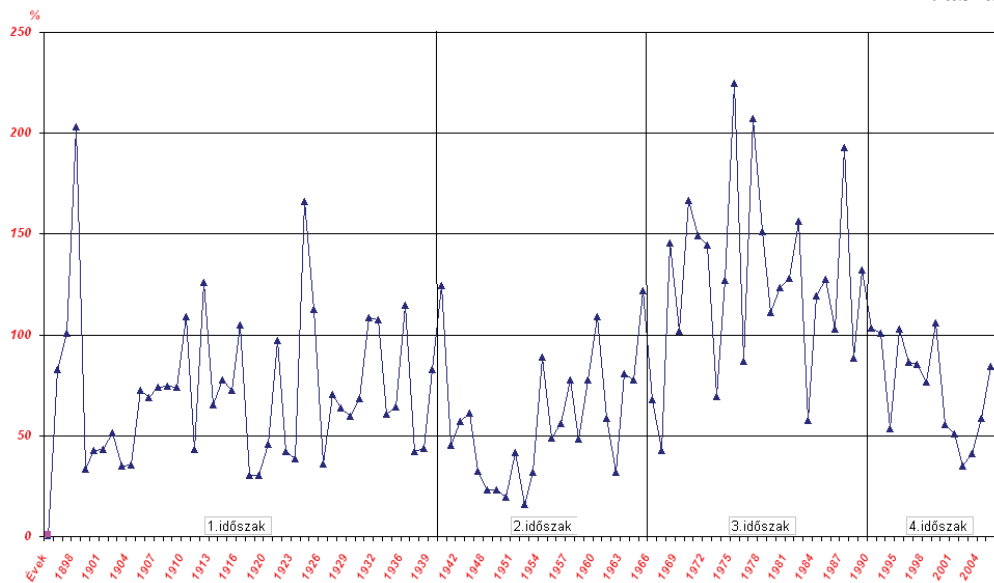


## 2. táblázat (folyt.)

Extrém időjárási hatás	Védekezési mód	Védekezési mód előfordulási jellege		
		régebben alkalmazták, ma nem	jelenleg kísérleti stádiumban van	mai üzemekben is alkalmazzák
Esőkár	Ültetvények takarása (cseresznye)		x	
Belvízkár	Területrendezés (melioráció)	x		
Aszálykár	Vízpótló öntözés			x
	Párásító öntözés		x	
	Talajtakarás			x
	Minimális talajművelés elvének alkalmazása			x
Napperzselés	Gyümölcsök zacskózása	x		
	Vegyszeres védelem		x	

Forrás: Soltész et al., 2004

1. ábra



Forrás: Márki J., MABISZ információk alapján

Megjegyzés: A kárhányad értelmezése:  $(\text{kifizetett kártérítési összeg} + \text{kártartalék} / \text{biztosítási díj}) * 100\%$

### Magyarország jégkárhányada 1896–2006 között a növénytermelésben

**3. táblázat**  
**Az elemi kár által érintett terület 2007-ben**  
**Hajdú-Bihar megyében (hektár)**

Gyümölcsfélék	Jégkár	Fagykár
kajszi és őszibarack		39,78
nektarin		14,47
alma		1030,90
körte		12,90
szilva		163,10
meggy		525,90
cseresznye		31,10
málna	1,4	1,20
ribizli		18,64
dió		46,87
szeder		6,55
köszméte		20,89
szamóca		3,49
bodza		0,77
bírsalma		0,01
gyümölcs összesen	1,4	1916,57

Forrás: www.haon.hu

a természeti károk, illetve véletlen hatások mellett véleményünk szerint a társadalmi változásokat is tükrözi. Az első ciklus 1897–1940, a második 1941–1966, a harmadik 1967–1990, s végül a negyedik ciklus az 1991–2006 közötti időszakot öleli fel.

A 2007-es év különösen súlyos volt a mezőgazdaságra nézve. A nagymértékű aszálykár mellett jelentős volt a jég-, illetve fagykár. A Hajdú-Bihar megyei gyümölcstermő ágazatokat érintő jég-, illetve fagykárral sújtott területek nagyságát a 3. táblázatban mutatjuk be.

A fagy hazánk egész területén igen jelentős károkat okozhat elsősorban a gyümölcsültetvényekben. 2007. április 22–23-án és május 2–3-án hatvan éve nem tapasztalt mértékű fagykár érte az ország majdnem teljes gyümölcstermő területét.

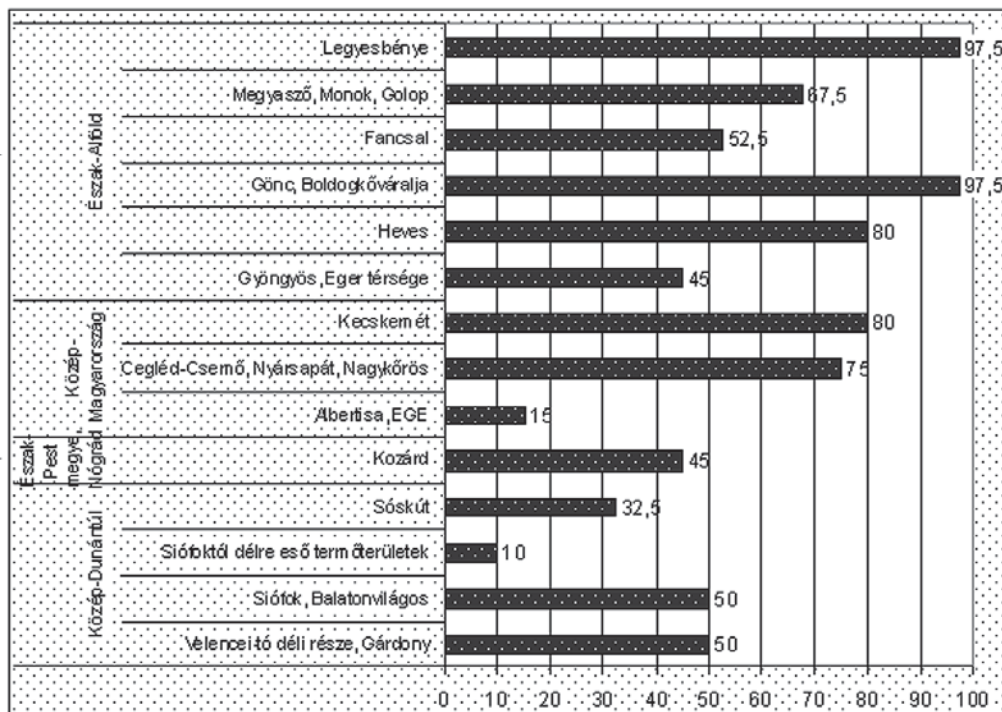
Ahogy a 2., 3. és a 4. ábra is szemlélteti, sok helyen a kár mértéke elérte a 100%-ot. Az északkeleti országrészben, valamint Csorna, Kisbér, Rétság, Heves, Füzesabony környékén 80-100%, az ország középső részén, illetve az északi régiók jelentős hányadán 50-80% volt a kár mértéke. Az ország délnyugati és délkeleti részeit elkerülte, csupán 5-10%-ban érintette a fagykár. A legsúlyosabb fagykárokat Borsod-Abaúj-Zemplén, Szabolcs-Szatmár-Bereg és Hajdú-Bihar megye szenvedte el. Azért is súlyos a fagy következménye, mert e három megye adja az almatermés 70%-át (Avar, 2007). Kajszi esetében az Észak-alföldi Régióban volt a legnagyobb a fagykár mértéke (Legyesbényén és Göncön, Boldogkőváralján 97,5%). Almánál Észak-Alföldön volt a legnagyobb a fagykár, Sárospatakon a 100%-ot is elérte. Meggy esetében Észak-Alföldön, illetve Rétságon következett be a legnagyobb mértékű fagykár.

### **A NEMZETI AGRÁR-KÁRENYHÍTÉSI RENDSZER AZ EGYIK MEGOLDÁS A KÁROK KOMPENZÁLÁSÁRA**

A 2006. évi LXXXVIII., az agrárkár-enyhítési rendszerről szóló törvény tartalmazza a kárenyhítési rendszer alapvető szabályait. Legfontosabb alapelve az önkéntesség és a kölcsönös tehervállalás, mely szerint a termelők önként csatlakozhatnak az alaphoz, illetve az állam a termelők által befizetett összeggel megegyező kiegészítést tesz. A kárenyhítési rendszer pénzügyi feladatait a *Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatal* látja el, illetve a kárenyhítési rendszer működése során létrehozott adatbázisok kezelését is ez végzi. A kárenyhítés csupán aszályra, árvízre, belvízre és fagyra terjed ki.

Az önkéntes biztosítási alap lényege, hogy a gazdálkodó szántóföldi művelés esetén 1000 Ft/hektár, ültetvények esetén – például szőlő-, illetve gyümölcsültetvényénél – 3000 Ft/hektár hozzájárulást fizet az alapba, amelyet az állam ugyanilyen összeggel egészít

2. ábra



Forrás: Zöldség- és gyümölcs piac, 2007

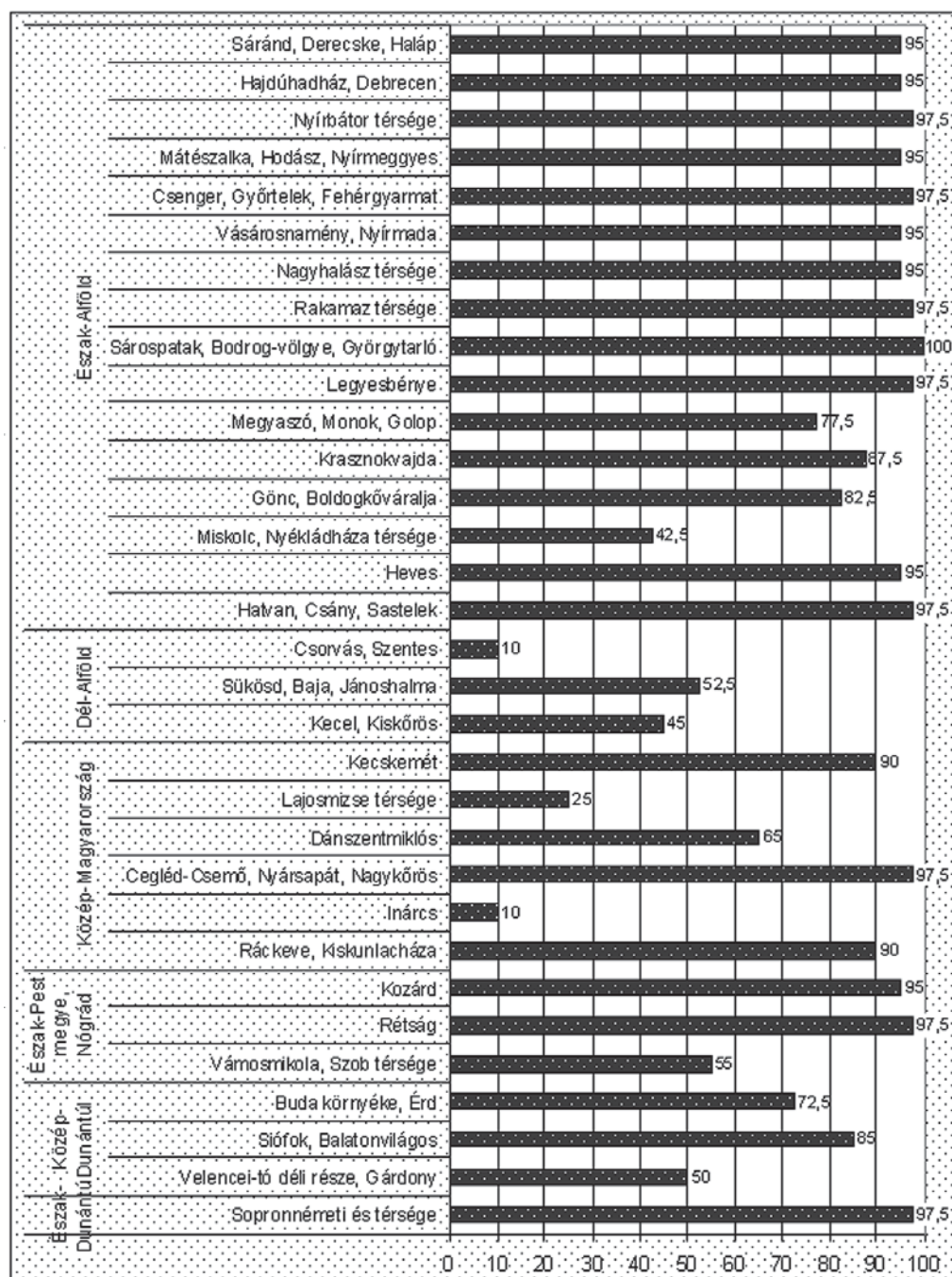
#### A 2007. április 23–24. és május 2–4. közötti fagykárak kajszinál (%)

ki. A termelőnek a káreseményt, annak be-következésétől számított 10 napon belül a Szakigazgatási Hivatalnak be kell jelentenie (Forró, 2007b).

A 4. táblázatból látható, hogy összesen 486 700 hektárt biztosítottak, melyből 44 893 hektár a gyümölcsös, 434 964 hektár szántó és 6844 hektár szőlő. A biztosított össz-terület Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében volt a legnagyobb (85 584 hektár) és Komárom-Esztergom megyében a legkisebb (2456 hektár). Míg az elsőként említett megyében 62 534 hektár szántóval léptek be a rendszerbe, Komárom megyében 2168 hektárral. Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében a legnagyobb (23 015 hektár), Vas megyében pedig

a legkisebb a biztosított gyümölcsös terület (33 hektár). Bács-Kiskun megyében 4560 hektárral, Vas megyében csupán 0,5 hektárral léptek be a rendszerbe. Az 1. mellékletben feltüntettük a kárenyhítési rendszerhez csatlakozó gazdaságok területét gazdálkodási forma szerint. Hajdú-Bihar megyében 1279 hektárral léptek be kisvállalkozások, 7564 hektárral középvállalkozások és 9368 hektárral mikrovállalkozások (östermelők is) a nemzeti kárenyhítési rendszerbe. Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében 8159 hektárral kisvállalkozások, 11 793 hektárral középvállalkozások, 65 633 hektárral pedig mikrovállalkozások csatlakoztak a rendszerhez.

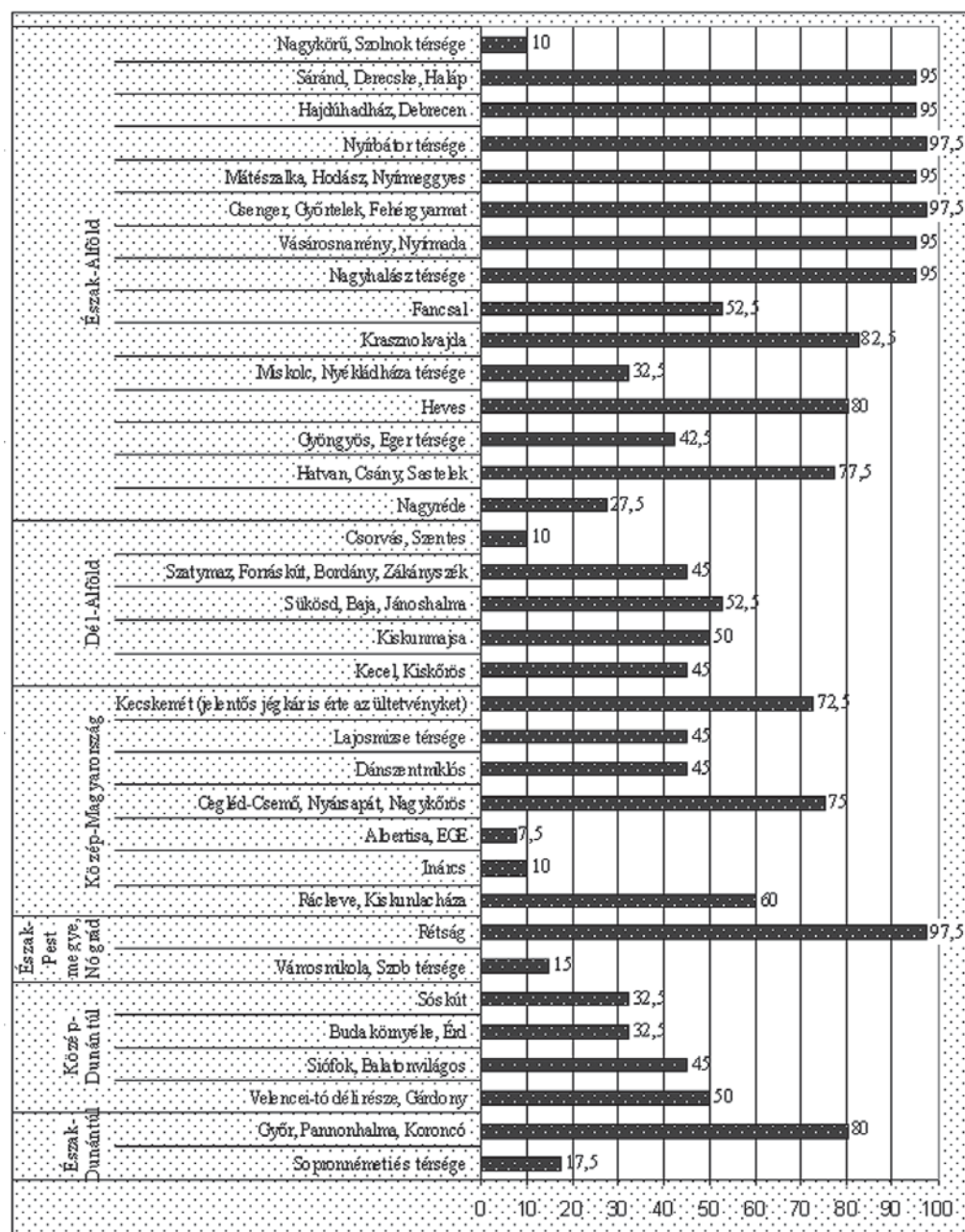
3. ábra



Forrás: Zöldség- és gyümölcs piac, 2007

A 2007. április 23–24. és május 2–4. közötti fagykárak almánál (%)

4. ábra



Forrás: Zöldség- és gyümölcs piac, 2007

A 2007. április 23–24. és május 2–4. közötti fagykárok meggnyél (%)



## A BIZTOSÍTÓTÁRSASÁGOK JELENTHETIK A TERMÉSZETI KÁROKBÓL FAKADÓ KOCKÁZAT TOVÁBBI CSÖKKENTÉSÉT

Hazánkban elsőként két osztrák biztosítóintézet kezdte meg működését a XIX. század második felében, és csak egy-egy szűkebb biztosítási kör kielégítésére vállalkoztak.

Az első jelentős fordulópontot az *Első Magyar Általános Biztosító Társaság* megalapítása jelentette 1857-ben. 1899. január 1-jén megalakult a *Gazdák Biztosító Szövetkezete*, amely csak ötven éven keresztül működhetett, ennek ellenére a biztosítás alapjait tekintve meghatározó jelentőséggel bírt. Ekkor jött létre az *Első Magyar Általános Biztosító* és a *Gazdák Biztosító Szövetkezetének* összevonásával az *Állami Biztosító*. Mezőgazdasági biztosítást a Magyarországon működő 28 biztosítótársaság közül ma mindössze négyenél (*Allianz Hungária Biztosító Zrt.*, *OTP–Garancia Biztosító Zrt.*, *Generali–Providencia*, *Argosz*) lehet kötni. Mint azt az 5. ábra is jól mutatja, 1997-ben a biztosítótársaságok közül a Generali Biztosító társaságnak 34,3%, az Allianz Hungária Biztosító Zrt.-nek 25,1%, az ÁB-Aegon-nak 23,1%, az Argosz biztosítótársaságnak 12,4%, a Garancia Biztosító Zrt.-nek 2,9%, az Egyesületeknek 2,2%, a Colonia Biztosító társaságnak 0,1% volt a piaci részesedése.

Időközben kivonult a mezőgazdasági biztosítások piacáról a Colonia és az ÁB-Aegon Biztosítótársaság.

2007-ben részesedését tovább növelve megtartotta első helyét az Allianz Hungária Biztosító Zrt. (39,1%), a Garancia Biztosító Zrt. 31,2%-os részesedéssel a második helyet érte el, majd a Generali Providencia (18,9%), az Argosz biztosítótársaság (8,7%) és az Egyesületek (2,1%) következik a rangsorban.

## A BIZTOSÍTÁSI DÍJ ÉS A KÁR MÉRTÉKÉNEK MEGHATÁROZÁSA

A biztosító a biztosítási díj megfizetése ellenében arra vállal kötelezettséget, hogy a feltételekben meghatározott biztosítási események bekövetkezése esetén szolgáltatást teljesít a szerződésben meghatározott biztosítási összeg erejéig.

A szerződő az, aki a szerződés megkötésére ajánlatot tesz, és a biztosítás díját fizeti. A biztosított a növénykultúra tulajdonosa, kezelője, bérlője vagy haszonbérlője. A biztosítási szerződés a felek írásbeli megállapodásával jön létre. A szerződés az azt követő napon lép hatályba, amikor a szerződő az első díjat a biztosító számlájára vagy pénztárára befizeti, illetve amikor a szerződő felek díjfizetési halasztásban állapodtak meg, vagy amikor a biztosító a díj iránti igényét bírósági úton érvényesíti. A biztosítási időszak egy naptári év. A biztosítás területi hatálya a szerződésben meghatározott kockázatviselési helyre terjed ki. A biztosított mezőgazdasági növénykultúra következő fejlődési szakaszai határozzák meg a biztosítás időbeli hatályát: almatermésű és csonthéjas gyümölcsűekben az első tisztuló hullás befejeződésétől, héjasoknál az elvirágzástól, bogyós gyümölcsűekben az első virágok megjelenésétől, szamócában az általános virágzástól kezdődően. A biztosítási összeg növényenkénti meghatározásához szükséges a biztosítani kívánt növény termésátlag (figyelembe kell venni a biztosítani kívánt terület termőképességét és a biztosított által alkalmazott agrotechnikát), a termés egységára (megállapítása esetén figyelembe kell venni az aktuális piaci, tőzsdei, hatósági és szerződési árakat) és a biztosítás alá vont terület nagysága (termésátlag  $t/ha$  \* egységár  $Ft/t$  \* biztosított terület  $ha$ ). A biztosítási összeget minden biztosítási évben meg kell határozni. A biztosítási összeg nem haladhatja meg a biztosított növénykultúra valóságos értékét. A biztosítás díja egy biztosítási évre (biztosítási időszakra) vonatkozik, amely egy összegben vagy az ajánlaton rögzített időpontokban részletfizetéssel is

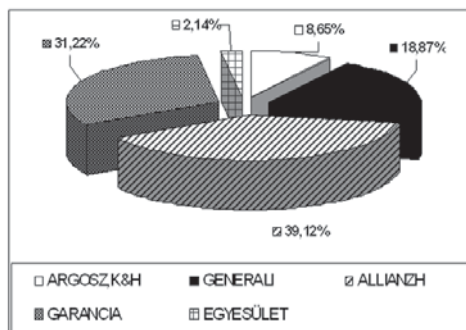
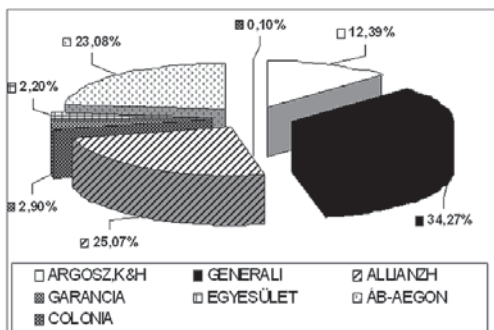
4. táblázat

## Nemzeti kárenyhítési rendszer adatai (2007)

Megye	Biztosított összterület (ha)	Gyümölcs (ha)	Szántó (ha)	Szőlő (ha)
Baranya	13 293,59	362,50	12 845,96	85,13
Bács-Kiskun	46 746,89	3 610,54	38 576,62	4 559,73
Békés	44 442,69	253,96	44 174,33	14,40
Borsod-Abaúj-Zemplén	46 902,75	3 534,44	43 107,10	261,21
Budapest	5 087,13	1 047,60	3 681,42	358,11
Csongrád	48 023,76	1 255,93	46 658,91	108,92
Fejér	22 450,77	1 248,31	21 088,81	113,65
Győr-Moson-Sopron	8 204,53	471,98	7 610,08	122,47
Hajdú-Bihar	18 210,85	1 893,28	16 309,61	7,96
Heves	4 897,31	1 477,36	2 840,29	579,66
Jász-Nagykun-Szolnok	51 773,55	190,87	51 489,08	93,59
Komárom-Esztergom	2 455,73	286,23	2 167,50	2,00
Nógrád	8 282,73	574,97	7 704,79	2,97
Pest	42 378,42	4 376,90	37 709,02	292,50
Somogy	11 430,89	841,00	10 537,18	52,71
Szabolcs-Szatmár-Bereg	85 584,22	23 014,86	62 533,81	35,55
Tolna	11 867,67	161,44	11 579,71	126,52
Vas	4 261,08	33,44	4 227,14	0,51
Veszprém	3 659,23	137,87	3 498,17	23,19
Zala	67 46,88	119,23	6 624,33	3,31
Összesen	486 700,65	44 892,73	434 963,84	6 844,08

Forrás: MVH, 2008

5. ábra



Forrás: MABISZ, 2007

A biztosítók mezőgazdasági biztosításának piaci aránya 1997-ben és 2007-ben (%)



teljesíthető. A biztosítás díját a teljes biztosítási évre kell megfizetni. A biztosítási díj a díjtétel és a biztosítási összeg szorzata. A díjtételt befolyásoló tényezők a következők

- a biztosított növény kárérzékenysége a biztosítási eseményekkel szemben;
- a biztosítási összeg;
- a biztosított terület elhelyezkedése a kárveszélyesség szempontjából.

Jégkárbiztosítás a szerződő által tételesen biztosított

- nagyüzemileg művelt (kezelt) szőlő, valamennyi gyümölcs;
- paprika, paradicsom, dinnye és uborka jégverés által okozott kárainak térítésére terjed ki.

A biztosítás szempontjából jégkárnak minősül

- a növények termésében jégverés következtében keletkezett, súlycsökkenésben megnyilvánuló termésveszteség;
- az a minőségi értékcsökkenés, amelyet a jégverés okoz alma, körte, birs, szilva, cseresznye, meggy, kajszi és őszibarack, és a paradicsomot kivéve a többi zöldségnövény termésében;
- a zöldségnövények toállományának május 31-e előtt jégverés következtében előálló olymértékű kipusztulása, amely kiszántást, illetve újrahatszántást tesz szükségessé.

A súlycsökkenési jégkárok esetében a biztosító a megállapított kárösszegnek legfeljebb 30%-át fizeti ki. A minőségi értékcsökkenési jégkárok esetében a megállapított kárösszeget a biztosító a betakarított mennyiség, de legfeljebb a biztosított hozam szintjéig teljes egészében kifizeti.

A tavaszi fagykárbiztosítás az üzem által tételesen biztosított nagyüzemileg művelt (kezelt) szőlő, valamennyi gyümölcs, paprika, paradicsom, dinnye és uborka tavaszi

fagy által okozott kárainak térítésére terjed ki. A kockázatviselés az almatermésű és csonthéjas gyümölcsöknél a virágok pirosbimbós, illetve fehérbimbós állapotától, héjasoknál a barka megjelenésétől, bogyós gyümölcsöknél az első virágok megjelenésétől, a szamócánál az általános virágzástól kezdődik és a tavaszi fagyok elmúltáig tart.

Tavaszi fagykárnak minősül a biztosításba vont almatermésű és csonthéjas, valamint a héjas és bogyós gyümölcsök, továbbá a szőlő termésében tavaszi fagy miatt előálló termés kiesés (súlycsökkenési kár) és a zöldségnövények toállományának tavaszi fagy következtében történő elpusztulása. A biztosításba vont gyümölcsösök és szőlő esetében a kárösszeg megállapítása, a tavaszi fagy bekezdése, illetve bejelentése után elvégzett ténymegállapító szemle alapján

- a károsodott terület nagysága;
- a gyümölcsök és a szőlő adatközlő íven megjelölt biztosítási egységára;
- a betakarított gyümölcs, illetve szőlő veszteségének egy hektárra jutó mennyiségével a fagykárosodott területre számított hiány figyelembevételével történik.

A biztosítási díj a biztosított összegnek kb. 3-7%-a. Egy hektár alma éves biztosítási díja „teljes körű védelem” esetén, azaz fagy-, jég- és viharkárra vonatkozóan 280-300 ezer forint, míg körte esetében ez 180-200 ezer forint. A díjtételekben nincs benne az aszálykár-biztosítás, melyet külön díj ellenében lehet igényelni (*OTP–Garancia Zrt., 2007*).

Az 5. táblázatban a mezőgazdasági biztosítások díjelőírását (biztosítási összegét) mutatjuk be 1986–2006. években. 1986-ban 4,217 milliárd forint volt a mezőgazdasági biztosítások díjelőírása. 1991-ben törés következett be a biztosítások igénybevételét illetően, melyet a rendszerváltás, az intézményrendszerek nem kellő kiépítettsége, működése, az új gazdálkodók tökehiánya idézett elő. Az állami támogatásnak köszönhetően a díjelőírás ugrásszerűen megnőtt 1995-től, majd annak

2004-ben való megszüntetése miatt 2003-ról 2004-re lecsökkent 19,595 milliárd forintról 6,783 milliárd forintra.

A biztosítások bármilyen irányú továbbfejlesztésében növekvő fontosságú a kármegelőzésre való törekvés, a biztosítottak cselekvésre és öngondoskodásra való ösztönzése. Mind a biztosítókat, mind a biztosítottakat nagyban segítené az elemi károk gyakoriságáról készített térkép, valamint a megelőzés, kárcsökkentés fontosabb megoldásait tartalmazó kiadvány.

### **A MEZŐGAZDASÁGI BIZTOSÍTÓEGYESÜLETEK KÖLCSONÖSSÉGI ELVEN MŰKÖDŐ TÁRSASÁGOK**

A mezőgazdasági biztosítóegyesületek kölcsönösségi elven működő társaságok, melyeket tűz-, jég-, vihar-, tavaszi fagy-, növény- és állatbiztosításra hoztak létre. Hazánkban jelenleg 35 biztosítóegyesület működik, közülük négy tagja a MABISZ-nak: a *Dimenzió*, valamint a kötelező gépjárműfelelősségbiztosítást is művelő *Közlekedési Biztosító Egyesület*, *TIR Biztosító Egyesület* és a *MÁV Általános Biztosító Egyesület*. Szerrepük jelentősen nőhet a jövőben a vállalkozások közötti kölcsönös bizalom, társadalmi együttműködés erősödésével (6. ábra).

### **A NEFELA DÉL-MAGYARORSZÁGI JÉGESŐ-ELHÁRÍTÁSI EGYESÜLÉS A JÉGKÁROK ELLENI VÉDEKEZÉSBEN FIGYELEMRE MÉLTÓ EREDMÉNYEKET ÉRT EL**

A NEFELA egyesület több mint 100 mezőgazdasági nagyüzem, 2 biztosítótársaság és az Országos Meteorológiai Szolgálat hozta létre 1991-ben. A NEFELA Somogy, Baranya és Tolna megye területén 104 talajgenerátort üzemeltet. Az Egyesülés adatai szerint a jégeső-elhárítással, 1 Ft ráfordítással 16,5 Ft termelési érték menthető meg (Internet 1).

Franciaországban 9 millió hektáron, Horvátországban 2 millió hektáron – vagyis az összes mezőgazdasági művelt területen –, Spanyolországban 600 ezer hektáron alkalmazzák a talajgenerátoros jégeső-elhárítási eljárást. Európában ezen kívül repülőgépes jégeső-elhárítást (Ausztria, Németország és Görögország), és rakétás jégeső-elhárítást (Jugoszlávia, Szlovénia, Ukrajna, Moldávia, Bulgária) működtetnek a jégkárok csökkentése érdekében (NEFELA).

A magyar gazdák számára az a legnagyobb probléma a biztosítók nyújtotta kockázatkezelésben, hogy a mezőgazdasági termelés jövedelmezősége viszonylag alacsony, és 1991-től a biztosítók profitérdekeltsége kockázatszűkítéseket, illetve erőteljes kockázat-elbírálásokat eredményezett (Márki, 2001).

Hazánkban a mezőgazdasági biztosítási díjak az utolsó költségtelek között szerepelnek, és általában nem jut rájuk elegendő forrás, szemben az uniós tagországokkal, ahol a termeléssel összefüggő költségek tervezésekor a biztosítási összeget is figyelembe veszik. Míg hazánkban kérdés, hogy egyáltalán kössön-e a gazda az általa termelt növényre biztosítást, addig az uniós tagországokban ez szinte alapfeltétel.

A klímaváltozás következtében a szélsőséges és kiszámíthatatlan kimenetelű elemi károk miatt külön EU és nemzeti stratégia, szabályozás szükséges a gazdálkodás optimális feltételeinek kialakítását, a kármegelőzés támogatását és a kockázatvédelmi intézmények eredményes működését illetően. Akkor jó a szabályozás, ha a termelők a cikkben leírt három lépcsős védelmi rendszer – kárenyhítési rendszer, kereskedelmi biztosítók és a termelők nonprofit biztosítóegyesületei – nyújtotta lehetőségekkel egyaránt élnek. A nagymértékű kockázatok mérséklése érdekében többoldalú védelemre, összefogásra lenne szükség. Termelői oldalról fontos a kockázatsökkentő ráfordítások és az ellenében nyújtott szolgáltatások megfelelő arányának meghatározása. Ehhez viszont az adott növény, adott hely veszélynevei előfordulásának, a kármegelőzési technológiák

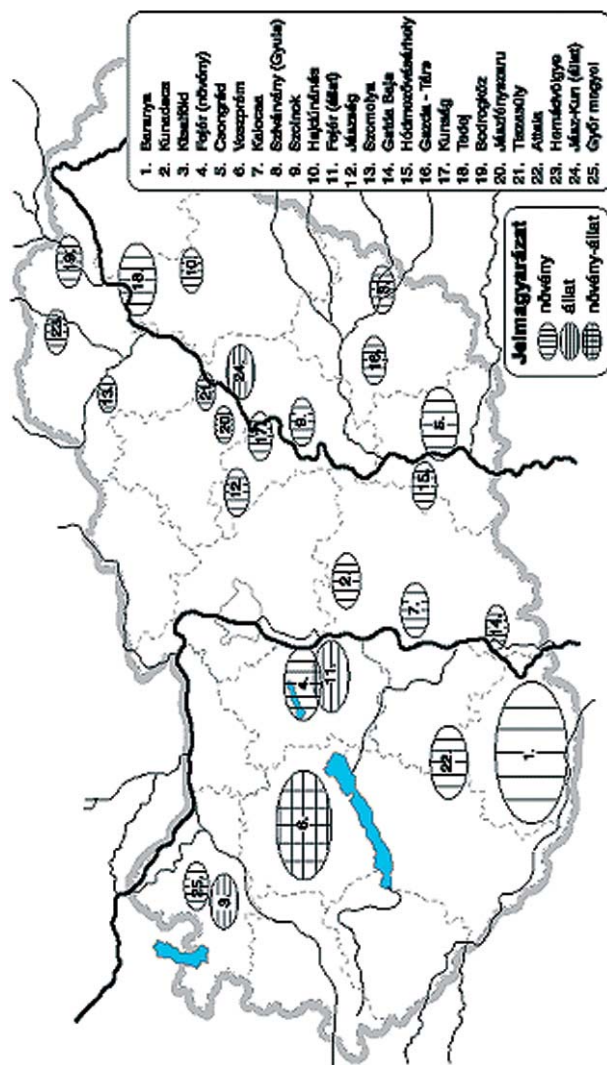
5. táblázat

A mezőgazdasági biztosítások díjelőírása (millió Ft)

	1986	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Megnevezés																		
Növény-biztosítás	2 912	3 460	1 047	1 003	1 098	1 313	1 514	2 479	3 384	4 641	4 582	4 420	5 017	4 865	4 492	4 701	4 644	4 342
Állat-biztosítás	1 305	256	390	557	459	469	575	675	808	2 096	2 330	3 451	6 153	10 065	15 103	2 082	2 362	2 440
Összesen	4 217	3 716	1 437	1 560	1 557	1 782	2 089	3 154	4 192	6 737	6 912	7 871	11 170	14 930	19 595	6 783	7 006	6 782

Forrás: MABISZ

6. ábra



Forrás: K&amp;H Biztosító Zrt., Márki J., 2006

A mezőgazdasági biztosítótársaságok elhelyezkedése 2006-ban

tudatos alkalmazásának, és a kívánt kárszolgáltatáshoz igazodó árszínvonalú biztosítási rendszer kiválasztásának alapos elemzése szükséges.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani a MABISZ-nak a rendelkezésre bocsátott

adatokért, és külön köszönettel tartozunk Márki Jánosnak hasznos tanácsaiért, útmutatásaiért, Nyéki József és Szabó Zoltán professzoroknak a cikk elkészítésében nyújtott segítségükért, valamint a Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatalnak, hogy a nemzeti kárenyhítési rendszer adatait megadta részünkre.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ANONYMUS (2007): A nemzeti kárenyhítésről. Magyar Mezőgazdaság 62(19):2. (2) ANONYMUS (2007): Kárenyhítésért folyamodunk. Zöldség és gyümölcs piac, XI. évfolyam, 5. sz. (3) AVAR L. (2007a): A gyümölcstermesztők Mohácsa. Magyar Mezőgazdaság 62(22):8-9. pp. (4) AVAR L. (2007b): A gyümölcstermesztők Mohácsa. Magyar Mezőgazdaság 62(20):6-7. pp. (5) Cégevezetés, VII. évf. 5. sz.: Agrárbiztosítási lehetőségek Magyarországon, <http://cegvezetes.cegnet.hu/1999/5/agrabiztositasi-lehetosegek-magyarorszagon>, 1995 (6) CSETE L. – NYÉKI J. (2006): Klimaváltozás és a magyarországi kertgazdaság. „AGRO-21” Kutatási Programiroda, Budapest (7) FORRÓ P. (2007a): Nemzeti agrárkárenyhítés I. Magyar Mezőgazdaság 62(3):36-37. pp. (8) FORRÓ P. (2007b): Nemzeti agrárkárenyhítés II. Magyar Mezőgazdaság 62(4): 50-51. pp. (9) FORRÓ P. (2007c): Változott a kárenyhítés szabályozása. Magyar Mezőgazdaság 62(27): 32-33. pp. (10) HARDAKER J. B. – HUIRNE R.B.M. – J.R. ANDERSON J. R. – LIEN G. (2004): Coping with Risk in Agriculture. 2nd Edition ed. Cambridge, MA: CABI Publishing (11) HORVÁTH Cs. (2007): Súlyos fagykár Északkelet-Magyarországon. Kertészet és Szőlészet 56(19):3. p. (12) HORVÁTH Cs. (2007): Fagykárenyhítés. Kertészet és Szőlészet 56(26):2. p. (13) INTERNET 1: <http://klima.kvvm.hu/documents/14/VAHAVAosszefoglalas.pdf> (14) INTERNET 2: <http://www.nefela.hu/> (15) INTERNET 3: Jég- és fagykár számokban (2007): <http://www.haon.hu/hirek/Hajdu-Bihar/cikk/jeg-es-fagykar-szamokban/cn/news-20070516-03264899> (16) INTERNET 4: [www.mabisz.hu](http://www.mabisz.hu) (17) KISS R. (1998): Mezőgazdasági biztosítások Magyarországon. Gazdálkodás 42(6): 66-73. pp. (18) MÁRKI J. (1992): Az agrárbiztosítások magyarországi helyzete és fejlesztési lehetőségek. Gödöllői Agrártudományi Egyetem, 18-25. pp. (19) SOLTÉSZ M. – NYÉKI J. – SZABÓ Z. (2004): A klímaváltozás kihívásai a gyümölcstermesztésben. „AGRO-21” Füzetek 34: 3-20. pp. (20) SZABÓ Z. (2004): Csonthéjas gyümölcsfajok fagy-tűrése. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Interdiszciplináris Agrártudományok Doktori Iskola, Debrecen (21) SZABÓ Z. – NYÉKI J. – RACSKÓ J. – LAKATOS L. – HARSÁNYI G. – SOLTÉSZ M. (2005): Téli és tavaszi fagykárok előfordulása és csökkentésének lehetőségei a gyümölcsültetvényekben. „AGRO-21” Füzetek 45: 64-76. pp.

## 1. melléklet

## A kárenyhítési rendszerbe csatlakozó gazdaságok területe gazdálkodási forma szerint

Biztosított összterület (ha)		
MEGYE	Gazdálkodási forma	Összesen
Bács-Kiskun	Egyéb vállalkozás	3 782,84
	Kisvállalkozás	4 197,79
	Középvállalkozás	7 853,72
	Mikrovállalkozás	30 912,54
	<b>Bács-Kiskun összesen</b>	<b>46 746,89</b>
Baranya	Kisvállalkozás	3 722,24
	Középvállalkozás	4 000,77
	Mikrovállalkozás	5 570,58
	<b>Baranya összesen</b>	<b>13 293,59</b>
Békés	Egyéb vállalkozás	9 442,09
	Kisvállalkozás	6 849,38
	Középvállalkozás	7 494,61
	Mikrovállalkozás	20 656,61
	<b>Békés összesen</b>	<b>44 442,69</b>
Borsod-Abaúj-Zemplén	Egyéb vállalkozás	36,33
	Kisvállalkozás	9 588,19
	Középvállalkozás	20 855,55
	Mikrovállalkozás	16 422,68
	<b>Borsod-Abaúj-Zemplén összesen</b>	<b>46 902,75</b>
Budapest	Kisvállalkozás	547,48
	Középvállalkozás	284,16
	Mikrovállalkozás	4 255,48
	<b>Budapest összesen</b>	<b>5 087,13</b>
Csongrád	Egyéb vállalkozás	7 973,17
	Kisvállalkozás	9 788,87
	Középvállalkozás	11 920,87
	Mikrovállalkozás	18 340,85
	<b>Csongrád összesen</b>	<b>48 023,76</b>
Fejér	Kisvállalkozás	7 590,51
	Középvállalkozás	5 371,04
	Mikrovállalkozás	9 489,22
	<b>Fejér összesen</b>	<b>22 450,77</b>

## 1. melléklet (folyt.)

Biztosított összterület (ha)		
MEGYE	Gazdálkodási forma	Összesen
Győr-Moson-Sopron	Egyéb vállalkozás	783,05
	Kisvállalkozás	357,75
	Középvállalkozás	2 721,33
	Mikrovállalkozás	4 342,40
<b>Győr-Moson-Sopron összesen</b>		<b>8 204,53</b>
Hajdú-Bihar	Kisvállalkozás	1 278,88
	Középvállalkozás	7 564,47
	Mikrovállalkozás	9 367,50
<b>Hajdú-Bihar összesen</b>		<b>18 210,85</b>
Heves	Kisvállalkozás	310,83
	Középvállalkozás	153,65
	Mikrovállalkozás	4 432,83
<b>Heves összesen</b>		<b>4 897,31</b>
Jász-Nagykun-Szolnok	Egyéb vállalkozás	3 799,56
	Kisvállalkozás	7 059,67
	Középvállalkozás	21 497,86
	Mikrovállalkozás	19 416,47
<b>Jász-Nagykun-Szolnok összesen</b>		<b>51 773,55</b>
Komárom-Esztergom	Kisvállalkozás	610,47
	Mikrovállalkozás	1 845,26
<b>Komárom-Esztergom összesen</b>		<b>2 455,73</b>
Nógrád	Kisvállalkozás	3 847,74
	Középvállalkozás	1 851,40
	Mikrovállalkozás	2 583,60
<b>Nógrád összesen</b>		<b>8 282,73</b>
Pest	Kisvállalkozás	8 956,49
	Középvállalkozás	13 277,53
	Mikrovállalkozás	20 144,40
<b>Pest összesen</b>		<b>42 378,42</b>
Somogy	Egyéb vállalkozás	13,72
	Kisvállalkozás	4 445,61
	Mikrovállalkozás	6 971,55
<b>Somogy összesen</b>		<b>11 430,89</b>

**1. melléklet (folyt.)**

Biztosított összterület (ha)		
MEGYE	Gazdálkodási forma	Összesen
Szabolcs-Szatmár-Bereg	Kisvállalkozás	8 159,06
	Középvállalkozás	11 792,57
	Mikrovállalkozás	65 632,59
<b>Szabolcs-Szatmár-Bereg összesen</b>		<b>85 584,22</b>
Tolna	Kisvállalkozás	4 682,53
	Mikrovállalkozás	7 185,14
<b>Tolna összesen</b>		<b>11 867,67</b>
Vas	Kisvállalkozás	2 634,08
	Mikrovállalkozás	1 627,01
<b>Vas összesen</b>		<b>4 261,08</b>
Veszprém	Kisvállalkozás	161,27
	Mikrovállalkozás	3 497,96
<b>Veszprém összesen</b>		<b>3 659,23</b>
Zala	Kisvállalkozás	3 009,21
	Középvállalkozás	1 936,85
	Mikrovállalkozás	1 800,82
<b>Zala összesen</b>		<b>6 746,88</b>
<b>Országosan</b>		<b>486 700,65</b>



# ASZÁLYOS ÉVEK A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN A 18–20. SZÁZADBAN

PÁLFAI IMRE

**Kulcsszavak:** aszály, aszályindex, éghajlat-ingadozás.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A dolgozat az 1701–2000 közötti Kárpát-medencei aszályokról ad átfogó képet. Minden egyes évet ötfokozatú skála szerint értékel. A szerző a 18. század és a 19. század első felére vonatkozóan főleg éghajlat-történeti munkákat használ föl, a 19. század második felére és a 20. századra vonatkozóan a meteorológiai és hidrológiai adatokból képzett saját fejlesztésű aszályindex (PAI) magyarországi területi átlagait veszi figyelembe. Az ezek nyomán kidolgozott ún. aszályértékelő szám háromszáz éves adatsorából megállapítja, hogy az aszályok gyakorisága és erőssége a vizsgált teljes időszakban trendszerű változást nem mutat, viszont szembeötlő a ciklikus ingadozás, amit jól szemléltet a tízéves átkaroló átlagok görbéje, s ami egyben az éghajlat ingadozását is jelzi. A vizsgált évek 54 százalékában aszály nem volt, vagy csak enyhe formában fordult elő, az évek 36 százalékában mérsékelt vagy jelentékeny aszály volt, míg 10 százalékában súlyos, illetve rendkívül súlyos aszály jött létre.<sup>1</sup>

## BEVEZETÉS

A Kárpát-medence a kontinentális éghajlati zónába tartozik, de itt időnként az óceáni és a mediterrán, sőt néha a szubtrópusi hatások is érvényesülnek, s ezért az egyes évek időjárása nagyon változatosan alakul. A talajadottságok, a hő- és fényviszonyok kedvezőek a mezőgazdálkodás számára, a csapadék azonban egyes években nagyon kevés (300–400 mm), néha túl sok (800–1000 mm), s ez kockázatosabbá teszi a termelést. A legsúlyosabb helyzetek akkor alakulnak ki, ha a száraz nyarat száraz tél és tavasz előzi meg, és különösen akkor, ha a nyári csapadékszegénység nagy hőséggel párosul. Az aszály ilyenkor óriási károkat okoz. Például Magyarországon a 2007. évi aszálykárt – előzetes számítás sze-

rint – mintegy 250 milliárd forintba becsülték (<http://www.eurofarm.hu>).

A dolgozat egy közelítő módszer alkalmazásával azt mutatja be, hogy az aszály mértéke (erőssége) az elmúlt három évszázadban évenként hogyan változott a Kárpát-medencében.

## MÓDSZER

Az aszály mértékét többféleképpen ki lehet jejezni. A gyakorlatban az egészen egyszerű megoldásoktól kezdve a részletes vízháztartási számításokig világszerte számos módszert alkalmaznak (*Faragó et al., 1988*). Az egyes évek aszályosságának egyetlen számértékkel való jellemzésére jól használhatók a néhány

<sup>1</sup> A cikk a kolozsvári Babes–Bolyai Egyetem „Riscuri si catastrofe” című kiadványának (szerk.: V. Sorocovschi) 2007. évi 4. számában angol nyelven megjelent tanulmány magyar változata.

meteorológiai és hidrológiai tényezők közül képzett mutatók, amelyekből hosszú adatsorok állíthatók elő. A rendszeres meteorológiai észlelések megkezdése előtt éghajlat-történeti munkákra lehet támaszkodni. Ezek közül a dolgozat összeállításánál főként *Érkövy (1863)*, *Milhoffer (1897)*, *Réthly (1925, 1970, 1998)* és *Rácz (2001)* munkáit használtuk. A meteorológiai és hidrológiai adatokból képezhető indexek közül az általunk bevezetett aszályindexet (PAI) alkalmaztuk (*Pálfai, 2004, 2007*), amit Magyarországon kívül pl. Romániában is használnak (*Cismaru et al., 2004*). Az aszályindex alapértékét az április–augusztusi középhőmérséklet és az október–augusztus közötti 11 havi súlyozott csapadékösszeg hányadosa adja meg, amit még három korrekciós szorzóval „finomítani” kell, mégpedig a hőségnapok számától, a nyári csapadékszegény időszak hosszától és a talajvízszint mélységétől függően. A csapadék havi súlyozó tényezői hozzávetőleg a növényzet vízigényéhez igazodnak, értékük 0,1 (október) és 1,6 (július) között változik.

Az aszályindex 68 állomás adataiból meghatározott magyarországi területi átlagai 1931-től állnak rendelkezésre (*Pálfai, 2004*). Ezek és az aszály következményeire vonatkozó egyéb adatok és leírások alapján az egyes évek elég megbízhatóan értékelhetők az aszály erőssége szempontjából (1. táblázat), és lehetőséget adnak egy olyan értékszámsor (ötfokozatú skála) felállítására, amely az éghajlat-történeti aszályleírások számszerűsítésére is alkalmas, és nagyjából az egész Kárpát-medencére elfogadható.

Az éghajlat-történeti munkákat elsősorban a 18. és a 19. századi aszályok értékelésénél használtuk, de a 19. század második felétől néhány állomásra – az ekkortól már egyre több helyen rendelkezésre álló meteorológiai adatokból – az aszályindex alapértékét is meg tudtuk határozni, és ezeket is figyelembe vettük. Az 1901–1930 közötti időszakra – talajvízadatok nem lévén – az aszályindex alapértékének két korrekciós szorzóval javított értékét tekintettük irányadónak (*Pálfai, 1987*).

A Kárpát-medence területe a 18. és a 19. században, valamint a 20. század elején lényegében megegyezett a történelmi Magyarország területével, így a magyar éghajlat-történeti munkák a Kárpát-medence egészére hasznosíthatók. Figyelembe kell azonban venni az aszályosság területi különbségeit, nevezetesen azt, hogy a Kárpát-medencén belül a mai Magyarország területe és az azzal közvetlenül határos sáv a legaszályosabb vidék (*Pálfai, 1992*).

## AZ EREDMÉNYEK

Az előzőek szerint az 1701–2000 közötti évekre meghatározott aszályértékszámokat a 2. táblázat tartalmazza. A 3 és a 4 értékszámmal jellemzett súlyos, illetve rendkívül súlyos aszályos éveket érdemes külön is felsorolni. Ezek a következők. A 18. században: 1717, 1718, 1728, 1746, 1768, 1779, 1781, 1790, 1794 és 1797. A 19. században: 1822, 1836, 1857, 1862, 1863, 1865 és 1894. A 20. században: 1904, 1917, 1823, 1935, 1946, 1947, 1950, 1952, 1983, 1990, 1992, 1993, 1994 és 2000. Korábbi tanulmányainkban (*Pálfai, 1987, 2004*) legtöbbjükéről rövidebb-hosszabb ismertetést találunk.

A különböző erősségű aszályos évek előfordulását évszázadonkénti összesítésben a 3. táblázatban mutatjuk be. Az összesítés szerint az aszálymentes vagy csak enyhén aszályos évek száma évszázadonként alig változik: 52–55 közötti. Ugyanezt mondhatjuk a mérsékelt aszályos évekről is, amelyek száma 20–21. A jelentékenyebbnek minősített aszályok a 19. században a leggyakoribbak, viszont itt csak egyetlen év volt rendkívül súlyosan aszályos. Ha a vizsgált teljes 300 évet tekintjük, és az öt kategóriát háromba összevonjuk, akkor megállapítható, hogy a vizsgált évek 54 százalékában aszály nem volt, vagy csak enyhe formában fordult elő, az évek 36 százalékában mérsékelt vagy jelentékeny aszály volt, míg 10 százalékában súlyos, illetve rendkívül súlyos aszály alakult ki.

Az aszályértékszámok 300 éves adatsora a lineáris trendvizsgálat szerint sem emelkedő, sem csökkenő irányzatot nem mutat. A hozzávetőleges egyöntetűséget jelzik az értékszámok évszázados átlagai is (4. táblázat), amelyek alig különbözöek, bár a 20. századi átlag némiképp meghaladja az előző két évszázadét.

Az értékszámok 300 éves adatsorának oszlopdiagramja a tízéves átkaroló átlagok görbéjével (1. ábra) az aszályos évek előfordulásának ciklikus jellegét jól szemlélteti.

Kitűnik például, hogy a legaszályosabb ciklus 1857–1866 között és 1986–1995 között fordult elő. A leghosszabb aszálymentes időszak 1875-től 1885-ig tartott.

A súlyos és a rendkívül súlyos aszályoknak a 20. század vége felé tapasztalható gyakoribbá válása, ami a 21. században is folytatódott, hiszen a 2002, a 2003 és a 2007. esztendő is ezekbe a kategóriákba sorolható, a Kárpát-medencében is kibontakozó éghajlatváltozás kezdeti jele lehet.

### FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) CISMARU, C. – BARTHA, I. – GABOR, V. – SCRIPCARIU, D. (2004): Getivnea secetelor. Performantica. Jasi, 112 p. (2) ÉRKÖVY A. (1863): Az 1863. évi aszályosság a Magyar Alföldön (Közzgazdászati tanulmány). Pest, 101 p. (3) FARAGÓ, T. – KOZMA E. – NEMES, CS. (1988): Quantifying droughts, In: Identifying and coping with extreme meteorological events. (ed.: E. Antal – M. H. Glantz) Budapest, 62-110. pp. (4) MILHOFFER S. (1897): A talajkimerülés tekintettel a csökkenő termésekre és az ezeket befolyásoló termelési tényezőkre. „Könyves Kálmán” Magyar Irodalmi és Könyvkereskedési Részvénytársaság, Budapest, 589 p. (5) PÁLFAI I. (1987): Aszályos évek Magyarországon. Vízügyi Közlemények LXIX. évf., 4. füzet, 507(524. pp. (6) PÁLFAI I. (1992): Droughts in the Carpathian Basin. International Commission on Irrigation and Drainage. Proceedings of the 16 th European Regional Conference. Volume I. 21(27 June, Budapest, Hungary, 261(271. pp. (7) PÁLFAI I. (2004): Belvizek és aszályok Magyarországon. Hidrológiai tanulmányok. Közlekedési Dokumentációs Kft., Budapest, 492 p. (8) PÁLFAI I. (2007): Éghajlatváltozás és aszály. „KLÍMA(21)” Füzetek, 49. sz., 59(65. pp. (9) RÁCZ L. (2001): Magyarország éghajlattörténete az újkor idején. JGYF Kiadó, Szeged, 303 p. (10) RÉTHLY A. (1925): Magyarország elemi csapásai. Kísérletügyi Közlemények, XXVIII. kötet, 8(17. pp. (11) RÉTHLY A. (1970): Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1701(1800-ig. Akadémiai Kiadó, Budapest, 624 p. (12) RÉTHLY A. (1998): Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1801(1900-ig. I. kötet, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 616 p. (13) <http://www.eurofarm.hu>: Az aszály miatti eddigi termés kiesés értéke 253 milliárd forintba tehető.

1. táblázat

## Az aszályok szöveges és számszerű értékelésének kategóriái

Szöveges értékelés	Az aszályindex (PAI) magyarországi területi átlaga (°C/100 mm)	Aszályértékelő szám
Enyhe (vagy nincs aszály)	<5	0
Mérsékelt vagy lokális	5–6	1
Jelentékeny	6–7	2
Súlyos	7–8	3
Rendkívül súlyos	>8	4

2. táblázat

## Az aszályértékszámok 1701-től 2000-ig

Év	Érték- szám	Év	Érték- szám	Év	Érték- szám	Év	Érték- szám	Év	Érték- szám	Év	Érték- szám
1701	2	1751	0	1801	2	1851	0	1901	0	1951	0
1702	0	1752	0	1802	1	1852	2	1902	1	1952	4
1703	0	1753	2	1803	2	1853	0	1903	0	1953	0
1704	2	1754	0	1804	0	1854	2	1904	4	1954	0
1705	0	1755	2	1805	2	1855	0	1905	2	1955	0
1706	1	1756	0	1806	0	1856	0	1906	0	1956	0
1707	1	1757	0	1807	2	1857	3	1907	0	1957	0
1708	2	1758	0	1808	1	1858	1	1908	1	1958	1
1709	1	1759	2	1809	0	1859	0	1909	0	1959	0
1710	0	1760	1	1810	0	1860	0	1910	0	1960	0
1711	0	1761	1	1811	2	1861	1	1911	2	1961	1
1712	0	1762	0	1812	1	1862	3	1912	0	1962	2
1713	0	1763	1	1813	0	1863	4	1913	0	1963	1
1714	2	1764	0	1814	0	1864	2	1914	0	1964	1
1715	0	1765	0	1815	1	1865	3	1915	0	1965	0
1716	0	1766	1	1816	0	1866	1	1916	0	1966	0
1717	3	1767	0	1817	2	1867	0	1917	3	1967	1
1718	4	1768	3	1818	0	1868	1	1918	2	1968	2
1719	1	1769	2	1819	0	1869	1	1919	0	1969	0
1720	1	1770	0	1820	1	1870	0	1920	0	1970	0
1721	0	1771	0	1821	2	1871	0	1921	2	1971	1
1722	1	1772	0	1822	3	1872	0	1922	1	1972	0
1723	0	1773	1	1823	1	1873	2	1923	3	1973	1
1724	2	1774	0	1824	2	1874	2	1924	0	1974	0
1725	0	1775	0	1825	1	1875	0	1925	0	1975	0

**2. táblázat (folyt.)**

Év	Érték-szám	Év	Érték-szám	Év	Érték-szám	Év	Érték-szám	Év	Érték-szám	Év	Érték-szám
1726	2	1776	0	1826	0	1876	0	1926	0	1976	2
1727	0	1777	0	1827	1	1877	0	1927	0	1977	0
1728	3	1778	1	1828	2	1878	0	1928	2	1978	0
1729	0	1779	4	1829	0	1879	0	1929	0	1979	0
1730	0	1780	1	1830	1	1880	0	1930	2	1980	0
1731	0	1781	3	1831	0	1881	0	1931	2	1981	0
1732	0	1782	2	1832	1	1882	0	1932	1	1982	0
1733	0	1783	0	1833	1	1883	0	1933	0	1983	3
1734	0	1784	1	1834	2	1884	0	1934	2	1984	1
1735	0	1785	1	1835	2	1885	0	1935	4	1985	0
1736	1	1786	0	1836	3	1886	1	1936	0	1986	1
1737	2	1787	0	1837	0	1887	0	1937	0	1987	1
1738	2	1788	2	1838	0	1888	0	1938	0	1988	1
1739	0	1789	1	1839	2	1889	0	1939	1	1989	0
1740	0	1790	4	1840	0	1890	2	1940	0	1990	4
1741	0	1791	0	1841	2	1891	1	1941	0	1991	0
1742	1	1792	0	1842	2	1892	0	1942	0	1992	4
1743	0	1793	0	1843	1	1893	0	1943	1	1993	4
1744	0	1794	4	1844	0	1894	3	1944	0	1994	3
1745	1	1795	0	1845	0	1895	0	1945	1	1995	1
1746	4	1796	0	1846	2	1896	0	1946	3	1996	0
1747	1	1797	3	1847	0	1897	0	1947	3	1997	0
1748	0	1798	0	1848	0	1898	0	1948	0	1998	0
1749	0	1799	0	1849	0	1899	0	1949	1	1999	0
1750	0	1800	1	1850	1	1900	0	1950	3	2000	3

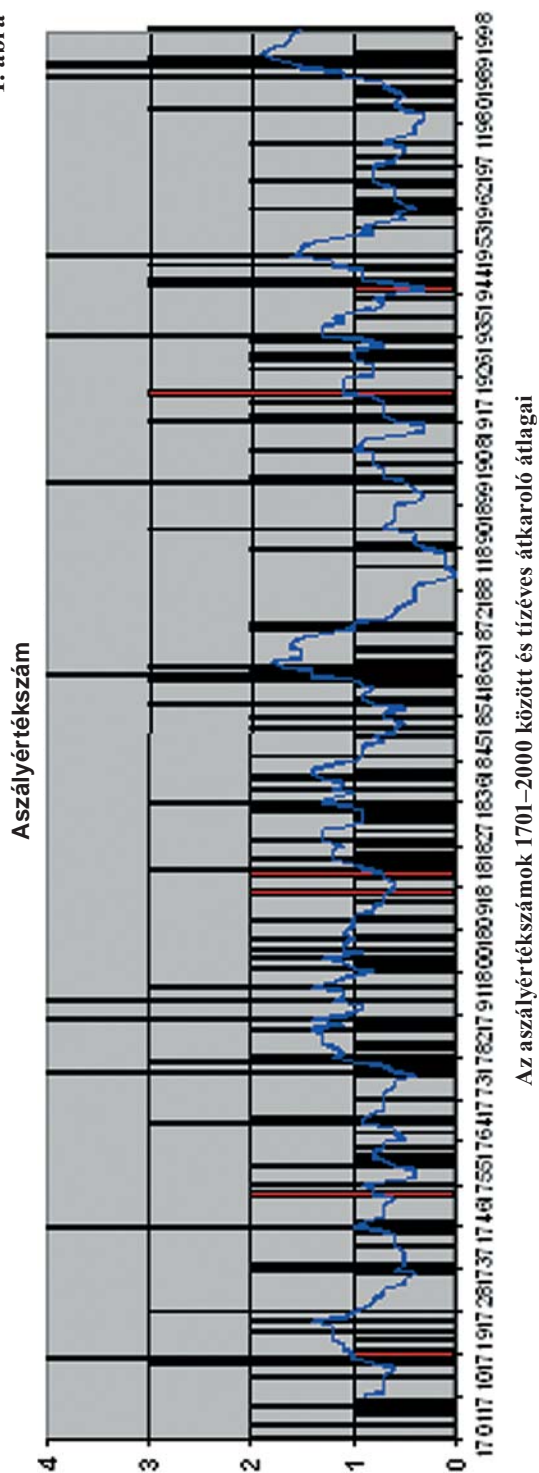
**3. táblázat****Az aszályos évek előfordulása a 18–20. században**

Az aszályos év minősítése	18. század	19. század	20. század	Összesen
Enyhe vagy nincs (0)	55	52	55	162
Mérsékelt vagy lokális (1)	21	20	20	61
Jelentékeny (2)	14	21	11	46
Súlyos (3)	5	6	8	19
Rendkívül súlyos (4)	5	1	6	12
Összesen	100	100	100	300

**4. táblázat**  
Az aszályértékszám évszázados átlagai

Időszak	Az aszályértékszám átlaga
1701–1800	0,84
1801–1900	0,84
1901–2000	0,90
1701–2000	0,86

**1. ábra**



## HARNOS ZSOLT (1941–2009)

A sors különös alakulása, hogy Harnos Zsolt április 10-én, névnapján hunyt el. A szív működése váratlanul leállt. Hirtelen halál, fájdalom nélkül, de nagy fájdalom családjának, baráti körének, munkatársainak, tanítványainak és a szakma művelőinek.

Az ELTE TTK alkalmazott matematikus szakán 1966-ban szerzett diplomát. 1966 és 1987 között az MTA, az OMFB és az Országos Tervhivatal különböző intézeteiben dolgozott. 1987-től haláláig a Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem (2000-től Szent István Egyetem, majd 2003-tól Budapesti Corvinus Egyetem) Matematika és Informatika Tanszékének tanszékvezető egyetemi tanára.

Tudományos pályafutását jellemzik a következő adatok:

- Matematikai tudomány kandidátusa, 1978. (Értekezésének címe: Szubderiváltak és érintőkúpok vizsgálata és alkalmazásai optimalizációs problémákra)

- Matematikai tudomány doktora, 1985. (Agroökológiai adottságok rendszerének matematikai modellezése)

- Az MTA levelező tagja, 1995. (Székfoglaló előadása: Az informatika szerepe az agrártudományokban)

- Az MTA rendes tagja, 2001. (Mezőgazdasági rendszerek modellezésének néhány problémája)

Az egyetemi közéletben való részvételéből kiemelkedő a tudományos rektorhelyettesi funkció 2000–2006 között a Szent István Egyetemen és a Budapesti Corvinus Egyetemen. Doktori iskolát vezetett és elnöke volt a BCE kertészettudományi részlege Élettudományi Doktori Tanácsának.

Nagyívű kutatási munkákban vett részt, illetve vezetett kutatási témákat, projekteket.

A múlt század hetvenes éveinek közepétől foglalkozott a közgazdaság, agrárgazdaság, környezetvédelem, környezetgazdálkodás matematikai és informatikai kérdéseivel.

Matematikai módszertani, alkalmazott informatikai kutatásai nagyrészt jelentős hazai és nemzetközi kutatási projektekhez kapcsolódtak. Ezek közül kiemelkedők:

- A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciáljának felmérése.

- A biomassza hasznosítási lehetőségeinek a feltárása.

- Az aszálykárok elemzése.

- Az „AGRO-21” projekt.

- Az AGRO-QUALITAS program.

- Az agrotechnika termőképességre gyakorolt hatásainak elemzése (IIASA – nemzetközi projekt).

- A klímaváltozás és annak várható hatása a mezőgazdaságra (CLAIRE és CLIVARA nemzetközi projektek).

A múlt század kilencvenes évei óta kutatási tevékenysége elsősorban az időjárás-változékonyság, a klímaváltozás előre jelzett alakulásának elemzésére, annak a mezőgazdaságra gyakorolt hatásainak feltárására irányultak.

Részt vett a VAHAVA (Változás-Hatás-Válaszadás) elnevezésű projektben 2003–2006 között. Ez a projekt képezte a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia tudományos alapját. A Stratégiát az Országgyűlés 2008 márciusában egyhangúlag elfogadta. A projekt folytatását jelentette a „Felkészülés a klímaváltozásra: Környezet-Kockázat-Társadalom (KLIMAKKT) program, melynek vezetője volt. Bekapcsolódott az Európai Unió Adaptation and Mitigation Strategies: supporting European climate policy (ADAM) elnevezé-



sú projektbe és a magyar csoport munkáját irányította.

Vezetésével alakult meg 2007-ben az „Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz” elnevezésű akadémiai kutatócsoport.

Több nemzetközi szakmai szervezetben tevékenykedett és vállalt el vezetői funkciókat. A „KLÍMA-21” Füzetek felelős kiadójaként is szerepelt.

Kutató és oktató munkája elismeréseként 2002-ben megkapta a Magyar Köztársasági Érdemrend tisztikeresztje kitüntetését. 2006-ban munkásságát Széchenyi-díjjal jutalmazták.

Harnos Zsolt kiváló tudós, oktató és kutatásszervező volt. Igényes és munkabíró, talán többet is vállalt, mint amennyit kellett volna. Jó érzékkel rendelkezett a különböző szak-

területekhez tartozó személyek összefogására és valódi interdiszciplináris projektek, programok kidolgozására. Korán távozott el. Az új projekt (Klímaváltozás és Biztonság) kidolgozását és megalapozását elkezdte, de végrehajtani már nem tudja.

Engem személyes barátság is fűzött hozzá. 1978-tól dolgoztunk együtt közös kutatási témákban. Egy kicsit tanítványomnak is tekintem, de több területen ő volt az én tanítóm.

2008-ban tréfálkozva a következőt mondtam egymás között, baráti társaságokban és a szélesebb szakmai nyilvánosság előtt is: „Az elmúlt 30 évben én voltam a projektvezető és Te voltál az első számú szakértő. Most cserélünk. A következő 30 évben Te leszel a projektvezető és én ott állok mögötted.” Sajnos, ebből csak egy év valósult meg.

*Láng István*

## **EXPECTED CHANGES IN THE WATER REGIME OF A CHERNOZEM SOIL AS A FUNCTION OF TWO CLIMATE CHANGE SCENARIOS**

By  
FARKAS, CSILLA – HAGYÓ, ANDREA – HORVÁTH, ESZTER –  
VÁRALLYAY, GYÖRGY

**Keywords: climate change, SWAP model, soil moisture, soil tillage, Chernozem, direct drilling.**

Climate, hydrology and vegetation are closely linked at local, regional and global scales. Current land use and plant growing systems are adapted to the present climatic conditions. Thus, studies on the influence of possible climate change scenarios on the water and heat regimes of the soil-plant-atmosphere system are important in order to work out plant production strategies adjusted to changed conditions. In this study the effect of two possible climate change scenarios on the soil water regime of a Chernozem soil was estimated for a Hungarian site. Soil water content dynamics simulated for different conventional and soil conserving soil tillage systems were evaluated using the SWAP soil water balance simulation model. The combined effect of different soil tillage systems and climate scenarios was analysed. Climate scenarios were represented through the cumulative probability function of the annual precipitation sum. The SWAP model was calibrated against the measurements in the representative soil profiles soil water content data. The site and soil specific parameters were set and kept constant during the scenario studies. According to the simulation results, increase in the average growing season temperature showed increase in climate induced soil drought sensitivity. Evaluation of the soil water content dynamics indicated a more variable and less predictable soil water regime compared to the present climate. It was found that appropriate soil tillage systems that are combined with mulching and soil loosening could reliably decrease water losses from the soil. From this aspect ploughing and cultivator treatments created the most favourable soil conditions for the plants. It was concluded that soil conserving soil management systems adapted to local conditions could contribute to soil moisture conservation and could increase the amount of water available to plants under changing climatic conditions.

## CLIMATE SENSITIVITY OF HUNGARIAN CHERNOZEM SOILS USING THE MARTHA SOIL PHYSICAL DATABASE

By

FARKAS, CSILLA – HERNÁDI, HILDA – MAKÓ, ANDRÁS – MÁTÉ, FERENC

**Keywords:** climate sensitivity, Chernozem soil, soil water balance elements, scenario analyses, SWAP model, similar media scaling, scaling coefficient.

In this study the possible effects of two predicted climate change scenarios on soil water regime of Hungarian Chernozem soils were investigated. Scenario analyses were performed, validating the SWAP soil water balance simulation model for 3x6 reference soil profiles and 3x9 representative years. Potential extreme events and the expected „average” soil water regime situations were analyzed. The 49 examined soil profiles were selected on the basis of their subtype (Calcic Chernozem) and texture (sandy loam – HV, loam – V and loamy clay – AV) using the MARTHA soil physical database. The soil water retention curves were scaled separately for each of the three textural classes, using the similar media scaling concept in order to represent the variability of soil hydrophysical data with one parameter, the scaling factor (SE). Reference soil profiles were chosen according to the cumulative distribution function of the scaling factor, six for each textural group. Daily downscaled meteorological data from A2 and B2 climate scenarios of the Hadley Centre (2071-2100) as well as data for a reference period (1961-1990) were used in this study. Nine representative years were selected for all three scenarios using the cumulative probability function of the annual precipitation sum. Our results proved the high climate sensitivity of water regime and soil water balance elements of Chernozem soils. According to the simulated transpiration (or winter wheat water uptake) values, the scenario A2 would create less favourable conditions for traditional plant production than scenario B2 in the Carpathian basin. We concluded that the scaling factor used for the description of the soil water retention curves in the scenario analyses can be used as an indicator of soil climate sensitivity.

## SOIL CLIMATE SENSITIVITY

By

SISÁK, ISTVÁN – MÁTÉ, FERENC – MAKÓ, ANDRÁS – SZÁSZ, GÁBOR –  
HAUSNER, CSABA

**Keywords:** wheat, maize, average yield, climate regions, soil types.

An analysis of the CORINE Land Cover database, AGROTOPO soil database, Hungary's digital climate map and the long-term average maize and wheat yield data by counties was performed using geospatial methodology. The layer of „ploughland” land cover category was taken from the CORINE database and aligned with the other map databases. The smallest,

irrelevant polygons were deleted and the analysis was done on the remaining 504 polygons, which were larger than 10 km<sup>2</sup>. Thus the analysis covered nearly 98% of all ploughland. Average wheat and maize yields – weighted by the area of polygons – were calculated for each soil type and climate region for each year. Soils and climate regions were ranked in each year, and an average ranking for all years was calculated. The distance between the upper and lower quartile of ranks was also calculated, as a non-parametric standard deviation indicator. These figures were used as initial parameters to calculate an indicative climate sensitivity index to represent the soil-dependent yield fluctuation in addition to fluctuation caused by the climate. It is assumed that soils where yields varied greatly in response to short-term weather effects (vintage effect) will also react more sensitively to long-term climatic changes. The index calculated in this project can therefore be considered a climate sensitivity index for soils.

## CARBON STOCKS IN THE STANDS OF CLIMATE INDICATOR TREE SPECIES

By  
FÜHRER, ERNŐ – JAGODICS, ANIKÓ

**Keywords: forest climate categories, forestry aridity index, productivity, dendromass, carbon stock.**

There is a cause and effect relationship between the organic matter content of beech, hornbeam-English oak and Turkey oak stands growing in optimal ecological conditions, expressed in terms of carbon equivalent, and the climate parameters, i.e. the primary conditions affecting the growth of the trees. The differences in aboveground dendromass of the species derive mainly from the differences of the mass of the trunks and partially from the mass of the branches. In the beech stand the carbon quantity of the aboveground dendromass is 243 tons per hectare, in the hornbeam-English oak stand it is 166 tons per hectare and in the Turkey oak stand it is calculated as 140 tons per hectare. The carbon stocks of the belowground dendromass are nearly the same in the three ecosystems. In the beech stands it is 49 tons of carbon per hectare, and in the hornbeam-English oak and the Turkey oak stands these each are 51 tons of carbon per hectare. The values of the Forestry Aridity Index (4.45 for the beech stand, 5.08 for the hornbeam oak-English oak stand and 5.50 for the Turkey oak stand), which represents the weather conditions of the main growth period (May-July) and the critical months (July and August), are in close correlation with the quantities of organic matter (beech stand: 292 tC/ha, hornbeam-English oak stand: 217 tC/ha, Turkey oak stand: 197 tC/ha). Carbon stocks of the compartments other than living dendromass (i.e. litter and humus, soil) are 126 tons per hectare in the beech stand, 96 tons per hectare in the hornbeam-English oak stand and 159 tons per hectare in the Turkey oak stand.

## WILL OUR DRY SUMMERS TURN MORE EXTREME IN THE 21<sup>ST</sup> CENTURY?

By

GÁLOS, BORBÁLA – LORENZ, PHILIP – JACOB, DANIELA

**Keywords: dry years and summers, periods, emission, extremities.**

Expected trends in the probability and extremity of dry years and dry summers were assessed using the REMO regional climate model. Dry years and dry summers are defined in terms of the difference of annual and summer mean temperature and precipitation figures from such figures from the period of 1961 to 1990. Trends were determined for periods of 50 years from 1951 to 2100, comparing the results of three IPCC-SRES emission scenarios (B1, A1B, A2) for the 21<sup>st</sup> century.

Analysis led to the following conclusions:

- In the first half of the 21<sup>st</sup> century, dry years and dry summers will be characterised by higher temperature, but their probability is not expected to increase.

- In the second half of the 21<sup>st</sup> century, the number of dry years and dry summers may significantly increase under all three scenarios, and they may also become more extreme (drier and hotter) when compared to the dry events of the second half of the 20<sup>th</sup> century.

- Under the A1B and A2 scenarios, every second summer can be a dry summer between 2051 and 2100. Continuous dry periods may become longer.

- Of the three scenarios, B1 proposes the lowest emission of greenhouse gases. Therefore this is the scenario which forecasts the smallest changes compared to the second half of the 20<sup>th</sup> century.

- The probability and extremity of dry years and dry summers will change in a similar manner in the 21<sup>st</sup> century, but changes affecting dry summers will be more pronounced.

Changes in climatic extremities have a decisive effect on the aridity boundaries of the vegetation area of zonal tree species (*Mátyás, 2007*). As the climate becomes warmer and drier, the climatic conditions for several stands can in the future change from nearly optimal to borderline, which can cause mass destruction of less tolerant individuals in the hilly regions of Hungary (*Berki et al., 2007, Mátyás et al., 2007*). For this reason, knowledge of the frequency and length of extreme dry weather phenomena is essential to preparing for the potential changes.

## INFLUENCE OF DROUGHT ON HEALTH OF SESSILE OAK AND BEECH STANDS IN HUNGARY

By

CSÓKA, GYÖRGY – KOLTAY, ANDRÁS – HIRKA, ANIKÓ – JANIK, GERGELY

**Keywords:** drought, sessile oak, beech, health, pestiferous insects.

Drought has a major influence on the health of sessile oak and beech stands in Hungary. A single drought year does not usually have dramatic effects in sessile oak stands, but after 2-3 consecutive drought years the health of trees show already obvious negative trends. Appearance of the symptoms is often delayed by 1 to 3 years.

In beech stands (particularly in the South-Transdanubian region) a single drought year is enough to cause significant deterioration. Beech stands in Zala county are the most sensitive in this respect. More than 100 thousand m<sup>3</sup> sanitary fellings had to be done in Zala county in 2004 due to the unprecedented mass outbreak of *Agrilus viridis* and *Taphrorychus bicolor*. The outbreak of both insect species is closely related to the extremely dry period between 2001 and 2003.

Insect outbreaks are very likely to become more frequent and more severe if the frequency and severity of droughty years increases in the future. Even new or „forgotten” insect species can become more important. Outbreaks of some well known species will likely spread vertically, heavily influencing forest types not damaged earlier (i.e. gypsy moth in beech stands at higher altitudes).

## BEECH DECLINE IN COUNTY ZALA

By

MOLNÁR, MIKLÓS – LAKATOS, FERENC

**Keywords:** beech, dry years, pests, fungi, damage chain.

The mass dieback of beech in Hungary, which started in 2003 and went on through 2004, is a typical damage chain. The appearing symptoms are characteristic: small outflow and white spots (2-3 cm diameter) in the crown. Later branches are blackening and leaves are withering. The peeling off of the bark in palm-size tiles is typical on the trunk. These symptoms are most eye-catching on stand edges.

The decay has first appeared on suboptimal sites for beech. The most significant reason was the dry and warm vegetation period of 2002-2004. During and after this period, different pests and pathogens appeared. The final causes of the dieback were the insect species *Agrilus viridis* and *Taphrorychus bicolor* as well as the fungus species *Biscogniauxia nummularia*. Both the insect and fungus species are secondary, but the vitality loss of beech stands enabled their massive occurrence. With the improvement of climatic aspects continuous recovery of the stands has been observed since 2005.

## **EFFECT OF CHANGING INSOLATION ON THE WATER BALANCE OF HUNGARIAN FORESTS**

By  
VIG, PÉTER

**Keywords: insolation, precipitation patterns, actual and potential evapotranspiration.**

A new phenomenon has appeared in the process of climate change in the last decade: reduction of the annual total rainfall has stopped, or slowed down at least, while precipitation patterns have changed. In addition, the annual total hours of sunshine, and consequently the radiation balance of the surface have increased. The utilization rate of the precipitation has deteriorated, and the importance of water reserves of the soil has increased in forest ecosystems due to increased evapotranspiration in dry periods. Changes in the difference between effective (TET) and potential (PET) evapotranspiration controlled by the radiation balance are confirmed by forest microclimate measurements. Even though the trends of rainfall reduction have eased, aridity is further increasing.

## **THE ROLE OF INSURANCE IN MITIGATING DAMAGE TO ORCHARDS**

By  
SÜTŐ, SZILVIA – ERTSEY, IMRE

**Keywords: insurance, orchards, National System for the Mitigation of Agricultural Damages, farm insurance societies, NEFELA.**

Year 2007 was a year of natural disasters in Hungary. The Hungarian Chamber of Agriculture estimates the losses sustained by farms from natural causes (April, May frost, hail, drought) in spring 2007 at HUF 100 billion. Frost and drought affected approximately 250 hectares of arable land. Currently, four insurance companies offer agricultural insurance in Hungary. Their revenue in 2003 was close to HUF 20 billion, but in 2004 was only slightly more than HUF 6.6 billion. The huge drop in premium payment was caused by the government's decision in 2004 to abolish a grant established in 1996, which enabled farmers to reclaim 25-30% of their insurance costs. Re-establishing this grant would significantly boost the number of agricultural insurances. The act on the national system for mitigating agricultural losses was passed last autumn. Under this act, agricultural losses which cannot be insured against on a commercial basis can be insured against at the joint risk of the government and the farmers. The reason for introducing the new system is that under Community law, losses from natural disasters can only be mitigated through a scheme in which the affected farmers also participate in.



## **DROUGHTY YEARS IN THE CARPATHIAN BASIN IN THE 18<sup>TH</sup> TO 20<sup>TH</sup> CENTURIES**

By  
PÁLFAI, IMRE

**Keywords: drought, drought index, climate fluctuation.**

The paper gives a comprehensive view of the droughts which occurred in the Carpathian basin from 1701 to 2000. Each year is ranked on a scale of 5. The 18<sup>th</sup> century and the first half of the 19<sup>th</sup> century are described primarily on the basis of climate history works. The second half of the 19<sup>th</sup> century and the 20<sup>th</sup> century are evaluated using the average drought index (PAI) figures for Hungary, calculated according to the methodology developed by the author from meteorological and hydrological data. From figures of the resulting drought evaluation index, calculated for three hundred years, the author concludes that no pattern can be discerned in the changes of frequency and severity of droughts over the entire period covered by the research. A cyclic fluctuation is very apparent however, as shown by the ten-year average graph. The latter is also a good representation of the fluctuation of climate. 54% of the years studied were without drought or with mild drought only. In 36% of the years, a moderate or significant drought occurred, and in 10% of the years, severe or very severe drought occurred.

## CONTENTS

### STUDIES

<i>Farkas, Csilla – Hagyó, Andrea – Horváth, Eszter – Várallyay, György</i> : Expected changes in the water regime of a chernozem soil as a function of two climate change scenarios .....	3
<i>Farkas, Csilla – Hernádi, Hilda – Makó, András – Máté, Ferenc</i> : Climate sensitivity of Hungarian chernozem soils using the MARTHA soil physical database .....	15
<i>Sisák, István – Máté, Ferenc – Makó, András – Szász, Gábor – Hausner, Csaba</i> : Soil climate sensitivity .....	31
<i>Führer, Ernő – Jagodics, Anikó</i> : Carbon stocks in the stands of climate indicator tree species .....	43
<i>Gálos, Borbála – Lorenz, Philip – Jacob, Daniela</i> : Will our dry summers turn more extreme in the 21st century? .....	56
<i>Csóka, György – Koltay, András – Hirka, Anikó – Janik, Gergely</i> : Influence of drought on health of sessile oak and beech stands in Hungary .....	64
<i>Molnár, Miklós – Lakatos, Ferenc</i> : Beech decline in county Zala .....	74
<i>Vig, Péter</i> : Effect of changing insolation on the water balance of Hungarian forests ...	83
<i>Sütő, Szilvia – Ertsey, Imre</i> : The role of insurance in mitigating damage to orchards .	91
<i>Pálfai, Imre</i> : Droughty years in the Carpathian basin in the 18th to 20th centuries .....	107

### OBITUARY

<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Zsolt Harnos (1941–2009)</span> <i>Láng, István</i> .....	113
Summary .....	115

**Makó András**, a PE Georgikon Kar Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszék egyetemi docense (8360 Keszthely, Deák F. u. 16., Tel./Fax: 83/545-332, E-mail: mako@georgikon.hu)

**Máté Ferenc**, a PE Georgikon Kar Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszék professor emeritusa (8360 Keszthely, Deák F. u. 16., Tel./Fax: 83/545-332, E-mail: mako@georgikon.hu)

**Molnár Miklós**, az NYME Erdőmérnöki Kar Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet PhD hallgatója (9400 Sopron, Bajcsy-Zs. E. út 4., Tel.: 99/518-677, Fax: 99/518-676, E-mail: mmiki@emk.nyme.hu)

**Pálfi Imre**, az Alsó-Tiszavidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság ny. szaktanácsadója (6720 Szeged, Stefánia u. 4., Tel.: 62/599-599, Fax: 62/420-774, E-mail: feketeildiko@atikovizig.hu)

**Philip Lorenz**, Max-Planck-Institut für Meteorologie (D-20146 Hamburg, Bundesstr. 53, Tel.: +49/40-41173266, E-mail: philip.lorenz@zmaw.de)

**Sisák István**, a PE Georgikon Kar Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszék egyetemi docense, csoportvezető (8360 Keszthely, Deák F. u. 16., Tel.: 83/545-108, Fax: 83/545-143, E-mail: talajtan@georgikon.hu)

**Sütő Szilvia**, a DE-AMTC Agrár- és Vidékfejlesztési Kar Gazdaságelemzési és Statisztikai Tanszék PhD hallgatója (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-444/88528, Fax: 52/508-343, E-mail: suto@agr.unideb.hu)

**Szász Gábor**, a DE AMTC Agrometeorológiai Observatórium professor emeritusa (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-444, E-mail: gszasz@agr.unideb.hu)

**Várallyay György**, az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet kutatóprofesszora (1022 Budapest, Herman Ottó út 15., Tel./Fax: 356-4682, E-mail: g.varallyay@rissac.hu)

**Vig Péter**, az NYME Erdőmérnöki Kar Növénytani és Termőhelyismerettani Intézeti Tanszék egyetemi docense (9400 Sopron, Bajcsy-Zs. E. út 4., Tel.: 99/518-173, Fax: 99/329-840, E-mail: pvig@emk.nyme.hu)

## SZÁMUNK SZERZŐI

**Csóka György**, az Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztály tudományos tanácsadója, tudományos osztályvezető (3232 Mátrafüred, Hegyalja u. 18., Tel.: 37/320-129, E-mail: csokagy@erti.hu)

**Daniela Jacob**, Max-Planck-Institut für Meteorologie (D-20146 Hamburg, Bundesstr. 53, Tel.: +49/40-41173313, Fax: +49/40-41173357, E-mail: daniela.jacob@zmaw.de)

**Ertsey Imre**, a DE-AMTC Agrár- és Vidékfejlesztési Kar Gazdaságelemzési és Statisztikai Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-444/88472, Fax: 52/508-343, E-mail: ertsey@agr.unideb.hu)

**Farkas Csilla**, az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet tudományos főmunkatársa (1022 Budapest, Herman Ottó út 15., Tel.: 224-3652, Fax: 356-4682, E-mail: csilla@rissac.hu)

**Führer Ernő**, az Erdészeti Tudományos Intézet Soproni Kísérleti Állomása tudományos főmunkatársa (9400 Sopron, Paprét 17., Tel.: 99/510-666, Fax: 99/510-667, E-mail: fuhrere@erti.hu)

**Gálos Borbála**, az NYME Erdőmérnöki Kar Környezet- és Földtudományi Intézet PhD hallgatója (9400 Sopron, Bajcsy-Zs. E. út 4., Tel.: 99/518-622, Fax: 99/329-840, E-mail: bgalos@emk.nyme.hu)

**Hagyó Andrea**, az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet tudományos segédmunkatársa (1022 Budapest, Herman Ottó út 15., Tel.: 224-3652, Fax: 356-4682, E-mail: ahagyo@rissac.hu)

**Hausner Csaba**, a PE Georgikon Kar Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszék PhD hallgatója (8360 Keszthely, Deák F. u. 16., Tel.: 83/545-334, E-mail: hausnercs@gmail.com)

**Hernádi Hilda**, a PE Georgikon Kar egyetemi hallgatója (8360 Keszthely, Deák F. u. 16., Tel./Fax: 83/545-332, E-mail: hhilduci@freemail.hu)

**Hirka Anikó**, az Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztály tudományos főmunkatársa (3232 Mátrafüred, Hegyalja u. 18., Tel.: 37/320-129, E-mail: hirkaa@erti.hu)

**Horváth Eszter**, az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet tudományos segédmunkatársa (1022 Budapest, Herman Ottó út 15., Tel.: 224-3648, Fax: 356-4682, E-mail: csilla@rissac.hu)

**Jagodics Anikó**, az Erdészeti Tudományos Intézet Soproni Kísérleti Állomása intézeti mérnöke (9400 Sopron, Paprét 17., Tel.: 99/510-666, Fax: 99/510-667, E-mail: jagodicsa@erti.hu)

**Janik Gergely**, az Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztály intézeti mérnöke (3232 Mátrafüred, Hegyalja u. 18., Tel.: 37/520-086, E-mail: janikg@erti.hu)

**Koltay András**, az Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztály tudományos főmunkatársa (3232 Mátrafüred, Hegyalja u. 18., Tel.: 37/520-085, E-mail: koltay@erti.hu)

**Lakatos Ferenc**, az NYME Erdőmérnöki Kar Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet egyetemi tanára (9400 Sopron, Bajcsy-Zs. E. út 4., Tel.: 99/518-160, Fax: 99/518-676, E-mail: flakatos@emk.nyme.hu)

**Láng István**, akadémikus, kutatóprofesszor, Magyar Tudományos Akadémia (1051 Budapest, Arany János u. 1., Tel.: 269-2656, Fax: 269-2655, E-mail: ilang@office.mta.hu)